

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité/Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département : Biologie

Thème

Caractérisation physicochimique et potentiel antioxydant des biscuits enrichis en jus de betterave (*Beta vulgaris*)

Présenté par :

- Benteboula Safa
- Chergui Rayane
- Foughali Atti Ines

Devant le jury composé de :

Président :	M^{me}Hami M.	M.C.B	Université de Guelma
Examineur :	M^{me}Benhalima L.	M.C.A	Université de Guelma
Encadreur :	M^{me}Ydjedd S.	M.C.B	Université de Guelma

Juin 2022

*Nous exprimons toute notre gratitude et
sincère dévouement à Dieu*

*Nous remercions tout d'abord Dieu,
le tout puissant de nous avoir accordé
santé, courage, patience et foi pour
accomplir ce modeste travail*

*La réalisation de ce mémoire a été
possible grâce à la participation de
plusieurs personnes à qui nous voudrions
adresser toute notre reconnaissance.*

*Nous voudrions tout d'abord adresser
toute notre gratitude à notre promotrice,
M^{me} Ydjedd S. pour sa patience, sa
disponibilité et surtout ses judicieux
conseils et ses encouragements.*

Nos remerciements vont également à:

*M^{me} Hamí M. pour l'honneur qu'elle
nous fait de présider notre jury et à M^{me}
Benhalima L. d'avoir accepté d'examiner
notre travail.*

*Nous tenons à remercier Mr Chaalal,
M^{me} Ratiba et tout le personnel du
laboratoire d'analyse instrumental*

*Nous tenons à formuler notre
gratitude et nos profondes reconnaissances
à l'égard de nos parents pour leurs
indéfectibles soutiens durant tout notre
cursus.*

*Afin de n'oublier personne, nos vifs
remerciements s'adressent à tous ceux qui
nous ont aidés à la réalisation de ce
modeste travail*



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à :

Ma chère mère, à qui je dois la réussite, pour l'éducation qu'elle m'a prodigué avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices qu'elle a consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'elle m'a enseigné depuis mon enfance, pour son amour, ses encouragements et ses prières.

Mon cher père pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.

Mes chers frères Amine et Anwar et ma chère sœur yousra Pour leur soutiens et leurs encouragements tout au long de mes études.

Mon cher Époux pour son soutien moral et ses précieux conseils.

Toutes mes tantes et oncles sans exception.

Mes grands-parents et toute ma famille avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude

Mes amies Kouloud, Rayane et Safa, Ma belle-soeure Hadil et Ma chère Rafika.

Mes chères enfants : Adem, Ahmed, Ali, Amina, Amna, Anes, Aridje, Aya, Ayla, Chahd, Chaima, Djawad, Imad, Ishake, Israa , Iyad, Malak, Manar, Meriem, Mouine, Nour, Rahim, Taima, Takwa, Wassim et Youcef.

Ines



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

À celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, à La source d'amour... ma mère.

À mon support dans ma vie, qui m'a appris m'a supporté et ma dirigé Vers la gloire...mon père

à mes chères frères Raid, Raafa, montasser et Kinen que j'aime beaucoup

à mon cher époux pour son soutien

Aux chers enfants, Aya, Souna, saja, mayar et chahinez

A toutes les personnes de ma grande famille particulièrement ma grande parents et mes tantes ,Layla et fadia.

A ma meilleures amies et collègues dans ce travail Ines et Safa

Et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail tous ceux qui me sont très chers.

Rayane



Dédicaces

Je dédie ce travail

A Mes très chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant toutes mes études :

Merci pour le bonheur, les valeurs et l'éducation que

Vous m'avez procuré

A Mes quatre frères que j'aime beaucoup

A Ma nièce zeynoba que j'aime beaucoup

A Ma belle sœur hiba

A Mes sœurs abir , imen

A Mes copines tayba , youssra , rayan

A Mes collègues ines et rayan

A toutes ma famille

Safa

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1
Chapitre I : Généralités sur la betterave.....	2
1. Description botanique	2
2. Classification.....	2
3. Origine et production	2
4. Composition chimique et valeur nutritionnelle.....	3
5. Intérêts et rôles	4
Chapitre II : Colorants alimentaires	5
1. Définition	5
2. Classification des colorants	5
2.1. Colorants naturels.....	5
2.2. Colorants de synthèse	6
3. Stabilité des colorants	8
4. Rôles des colorants	8
Chapitre III. Biscuits.....	9
1. Histoire d'apparition du biscuit	9
2. Définition du biscuit	9
3. Classification des biscuits	9
4. Composition des biscuits	10
5. Biscuits enrichis	11
Matériel et méthodes.....	12
1. Matériel utilisé	12
2. Extraction de jus de betterave	12
3. Préparation des biscuits.....	13
4. Méthodes d'analyses.....	15

4.1. Analyses physico-chimiques	15
4.1.1 Taux d'humidité	15
4.1.2 Mesure de pH	16
4.1.3 Mesure de l'acidité titrable.....	16
4.1.4. Taux de Brix	16
4.2. Analyses phytochimiques	17
4.2.1. Dosage des antioxydants.....	17
4.2.1.1. Extraction et dosage des composés phénoliques totaux	17
4.2.1.2. Extraction et dosage des bétalaïnes	18
4.2.2. Evaluation de l'activité antioxydante.....	19
4.2.2.1. Pouvoir réducteur de fer (PRF).....	19
4.2.2.2. Activité antiradicalaire DPPH.....	20
4.3. Analyse sensorielle	21
5. Analyse statistique	22
Résultats et discussion	23
1. Analyses physico-chimiques.....	23
1.1. Taux d'humidité.....	23
1.2. pH.....	24
1.3. Acidité.....	24
1.4. Brix	24
2. Analyses phytochimiques	24
2.1. Teneurs en polyphénols totaux	25
2.2. Teneurs en bétalaïnes.....	26
3. Activité antioxydante	27
3.1. Pouvoir réducteur de fer des extraits phénoliques	27
3.2. Pouvoir réducteur du fer d'extrait de bétalaïne	28
3.3. Activité antiradicalaire DPPH des extraits phénoliques	28
3.4. Activité antiradicalaire DPPH d'extrait de bétalaïnes.....	30

4. Analyse sensorielle	31
Conclusion	33
Références bibliographiques	34
Annexe	
Résumé	

AACC : Association des agences conseils en communication

ABS : absorbance.

acide BHT : hydroxy toluenebutylé

ANOVA : analyse de la variance

BHA : beta hydroxy

CA : codex alimentaire

Cm: centimètre

DPPH : 1,1- diphényl-2-picrylhydrazyl

EAA : équivalent d'acide ascorbique

EAG : équivalent d'acide gallique

EFSA : autorité européenne de sécurité des aliments

FAO: food and agriculture organization

Fe: oxyde de fer

G: gramme

L: litre

Mg: milligramme

ml: millilitre

NaOH : Hydroxyde de sodium.

Oms : organisation mondiale de la santé

pH : potentiel d'Hydrogène

PRF : pouvoir réducteur de fer

Rpm: tour par minute

SCCS : scientific committee on consumer safety

SO₂ : dioxyde de soufre

µl: microlitre

Figure 1. Structures générales des Bétacyanines(a) et Bétaxanthines (b).....	4
Figure 2. Structure chimique d’anthocyanine	6
Figure 3. Structure chimique de l’acide carminique	6
Figure 4. Structure chimique de la tartrazine	7
Figure 5. Structure chimique de l’érythrosine.....	7
Figure 6. Classification des biscuits.....	10
Figure 7. Ingrédients utilisés dans la préparation du biscuit.....	12
Figure 8. Diagramme de préparation de jus de betterave.....	13
Figure 9. Diagramme de préparation des biscuits	14
Figure 10. Biscuits sans colorant, avec colorant synthétique et avec colorant naturel, avant et après cuisson	15
Figure 11. Etapes de dosage des polyphénols totaux.....	18
Figure 12. Schéma sur la réaction de pouvoir réducteur de fer.....	19
Figure 13. Etapes de détermination du pouvoir réducteur de fer (PRF).....	20
Figure 14. Réaction de réduction de radical libre DPPH (2,2 Diphenyl 1 picrylhydrazyl)	20
Figure 15. Etapes d’évaluation de l’activité anti-radicalaire DPPH	21
Figure 16. Teneurs en composés phénoliques totaux des Madeleines préparées au cours de la conservation	25
Figure 17. Teneurs en bétalaïnes des Madeleines préparées au cours de la conservation	26
Figure 18. Pouvoir réducteur de fer des extraits phénoliques des Madeleines préparées au cours de la conservation.....	27
Figure 19. Pouvoir réducteur de fer d’extrait de bétalaïnes des Madeleines enrichi en jus de betterave au cours de la conservation.....	28
Figure 20. Activité antiradicalaire DPPH des extraits phénoliques des Madeleines cours de la conservation	29
Figure 21. Activité antiradicalaire DPPH d’extrait de bétalaïne des Madeleines enrichi avec le jus de betterave au cours de la conservation	30
Figure 22. Profils sensorielle des Madeleines enrichi avec le jus de betterave au cours de la conservation	31

Tableau 1. Composition et valeur nutritionnelle de la betterave rouge	3
Tableau 2. Les facteurs qui influencent la stabilité des colorants alimentaires	8
Tableau 3. Composition nutritionnelle des biscuits(pour 100g).....	11
Tableau 4. Caractéristique physico-chimiques des Madeleine préparées au cours de la conservation	23

Introduction

Introduction

L'industrie de la boulangerie est l'une des plus grandes industries alimentaires organisées dans le monde et en particulier les biscuits et les gâteaux sont parmi les produits les plus populaires pour le fait d'être prêtes à manger (**Gupta et al., 2010**).

Les consommateurs s'orientent vers les aliments de meilleure qualité nutritionnelle et sensorielle (**Pawlowska et al., 2018**). La couleur est un attribut sensoriel important, particulièrement associé à l'apparence, à l'arôme, au goût et à la qualité globale des produits. Elle a un effet significatif sur le jugement du consommateur car la couleur influence les sensations orales et olfactives anticipées en raison du souvenir d'expériences alimentaires antérieures (**Zhou, 2014**). Par conséquent, la couleur joue un rôle clé dans l'attraction des consommateurs et leur acceptation du produit (**Azeredo, 2009**).

Les colorants sont des additifs alimentaires qui ajoutent de la couleur aux denrées alimentaires. Ils sont classés en deux catégories différentes, les colorants naturels qui provenant de la nature elle-même et les colorants synthétiques qui résultent de la reproduction industrielle de substances naturelles ou d'une création artificielle (**Houdjedj, 2012**).

Ces derniers jours, le marché de l'application des colorants synthétiques a diminué au profit des colorants naturels (**Ravichandran et al., 2011**). Ainsi, ils sont considérés comme une riche source de nutriments. De plus les colorants synthétiques pourraient avoir des effets néfastes sur la santé humaine (**Alshehry, 2019**).

La nature a su nous donner un bon nombre de plantes qui pourront être la source des colorants naturels. Parmi lesquelles, le grenadier, le safran, la betterave et le figuier de Barbarie (**Haddar, 2016, Shivangi et al., 2019**).

La betterave (*Beta vulgaris*) est l'origine d'un colorant alimentaire naturel rouge due aux pigments azotés appelés bétalaïnes, composés principalement de bétacyanines de couleur rouge-violet et bétaxanthines de couleur jaune-orange. Elle est une bonne source d'antioxydants et des vitamines (**Singh et Singh Hatan, 2014, Neha et al., 2018, Srivastava et al., 2018**).

En tenant compte de la composition nutritionnelle et de la disponibilité saisonnière de la betterave, la présente étude a été conçue pour formuler des biscuits (Madeleine) par incorporation de jus de betterave et un colorant synthétique (Sin 122) et déterminer leurs caractéristiques physicochimiques et leur activité antioxydante au cours de la conservation.

Afin d'améliorer la lisibilité et la structure du manuscrit, ce dernier est organisé en trois parties. La première partie de cette étude correspond à une synthèse bibliographique sur la betterave, les colorants alimentaires et les biscuits. La seconde partie porte sur le matériel et méthodes utilisées. Tandis que, la troisième partie est consacrée pour les résultats obtenus et leur discussion.

Synthèse
Bibliographique

Chapitre I.
Généralités sur la betterave

1. Description botanique

La betterave rouge (*Beta vulgaris*) est botaniquement classée comme plante herbacée bisannuelle de la famille des Chénopodiacées (Singh et Singh Hatan, 2014), produisant une racine épaisse et une rosette de feuilles la première année et des fleurs et des grains la deuxième année (Neha *et al.*, 2018).

Cette espèce a plusieurs variétés avec des couleurs de coque allant du jaune au rouge. Les racines de betterave de couleur rouge foncé sont les plus populaires pour la consommation humaine (Singh et Singh Hatan, 2014).

La tige est courte et plate, produisant des feuilles simples disposées en spirale fermée. Ses feuilles sont en forme de cœur, elles peuvent également être consommées comme des épinards. Ses fleurs sont très petites avec un diamètre de 3 à 5 mm, le fruit est une grappe de noix dures et de couleur foncée (Neha *et al.*, 2018).

2. Classification

Selon Cronquist (1981) la betterave rouge est classée comme suite :

Règne : *Plantae*

Sous -règne : *Tracheobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous-classe : *Caryophyllidae*

Ordre : *Caryophyllales*

Famille : *Chenopodiaceae*

Genre : *Beta*

Espèce : *Betavulgaris*

3. Origine et production

Les plantes du genre *Beta* sont originaires d'Afrique du nord et se sont propagées par la route de la mer méditerranée, occupant les côtes de l'Asie et de l'Europe (Neelwarne, 2012). Les températures optimales pour la croissance et le développement de la betterave sont de 15°C à 18°C avec des minimums de 5 °C et des maximums de 24°C (Neha *et al.*, 2018).

Cette espèce végétale préfère les sols riches en matière organique, avec un pH variant de 5,5 à 6,2 (Baião *et al.*, 2017). Elle est cultivée dans 51 pays en 2004, avec une production de 238 millions de tonnes (Erdal *et al.*, 2007).

Les principaux producteurs de betteraves sont la France qui est le premier pays producteur mondial (13%), l'Allemagne, l'Ukraine, la Pologne et le Royaume-Uni. la Russie produisent également des quantités importantes (**Vargas-Rubóczki, 2020**).

4. Composition chimique et valeur nutritionnelle

La betterave possède une valeur nutritionnelle élevée en raison de sa forte teneur en glucose, sous forme de saccharose. Elle est considérée comme une excellente source de fibres, de minéraux, (potassium, sodium, fer, cuivre, magnésium, calcium, phosphore et zinc), de vitamines (B, C) (**Baião et al., 2017; Vargas-Rubóczki, 2020**).

Tableau 1. Composition et valeur nutritionnelle de la betterave rouge (**USDA, 2011 cité par Neha et al., 2018**).

Valeur nutritionnelle pour 100g de betterave	
Calories (Kcal/100g)	43
Glucides (g/100g)	9,56
Fibres alimentaires (g/100g)	2,8
Protéines (g/100g)	1,61
Lipides (g/100g)	0,17
Potassium (mg/100g)	325
Sodium (mg/100g)	78
Phosphate (mg/100g)	40
Magnésium (mg/100g)	23
Calcium (mg/100g)	16
Fer (mg/100g)	0,8
Zinc (mg/100g)	0,35
Vitamine C (mg/100g)	4,9
Vitamine B6 (mg/100g)	0,067
Vitamine B2 (mg/100g)	0,04

La betterave est riche en composés bioactifs tels que les caroténoïdes, les saponines, folates, flavonoïdes et les polyphénols. La peau de la betterave contiendrait également de l'acide ferrique. Elle est classée parmi les légumes les plus puissants en ce qui concerne l'activité antioxydante (**Neha et al., 2018**).

Ce légume est riche en pigments azotés appelés bétalaïnes, qui sont des composés hétérocycliques, hydrosolubles de puissants anti-radicalaires (**Singh Singh Hatan, 2014 ; Baião et al., 2017**). Les bétalaïnes constituent une classe de pigments antioxydants naturels hautement biodisponibles, composés principalement de Bétacyanines de couleur rouge-violet (bétanine, isobétanine, probétanine et néobétanine) et de Bétaxanthines de couleur jaune orangé. (**Singh Singh Hatan, 2014 ; Nowacki et al., 2015**).

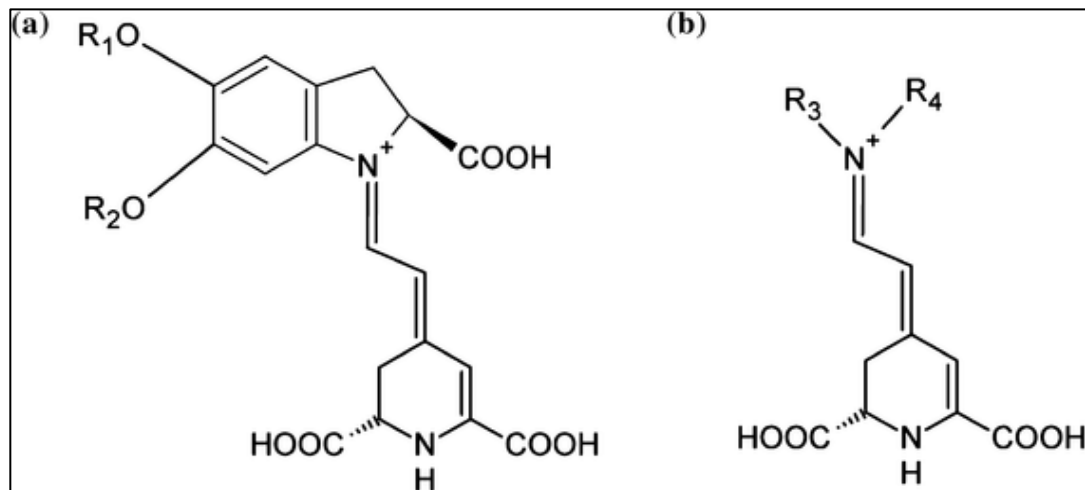


Figure 1. Structures générales des Bétacyanines(a) et Bétaxanthines (b) (Tanabtabzadeh *et al.*, 2017).

R1 et R2: groupements hydrogènes, acyle ou sucre, R3: groupe amine ou acide aminé; R4 : généralement hydrogène

5. Intérêts et rôles

La consommation de la betterave aide à guérir de nombreuses maladies telles que l'anémie, la pression artérielle, le cancer, les pellicules, les ulcères gastriques, les affections rénales, la toxicité hépatique ou les affections biliaires telles que la jaunisse, l'hépatite, les intoxications alimentaires, la diarrhée ou les vomissements (Neha *et al.*, 2018).

Les bétalaïnes, en particulier les bétacyanines, jouent un rôle important dans la santé humaine en raison de leurs activités pharmacologiques en tant qu'agent antioxydant, anticancéreux, anti-inflammatoire, hépatoprotecteur, anti-lipidémique et antimicrobien (Ceclu et Nistor, 2020).

Les saponines ont des propriétés antivirales, antidiabétiques et anti-hémolytiques (Baião *et al.*, 2017). La consommation de betterave rouge peut également contribuer à la protection contre les maladies liées à l'âge (Ceclu et Nistor, 2020).

Ce légume fournit un colorant naturel (étiqueté E162) à l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique (Baião *et al.*, 2017).

Chapitre II
Colorants alimentaires

1. Définition

Selon le comité du codex sur les additifs et les contaminants : « Un colorant est un additif alimentaire qui ajoute de la couleur à une denrée alimentaire, ou rétablit sa couleur naturelle » **(CAC/GL 3–1989)**.

Les colorants sont ajoutés pour donner une couleur à une denrée alimentaire ou à lui redonner sa couleur naturelle, mais leur usage est réglementé par une législation stricte et rigoureuse.

En effet, le premier sens du consommateur sollicité lors de choix d'un aliment est la vue, ce qui explique que la couleur est une caractéristique importante dans le choix des aliments, ils n'ont pas de toxicité particulière mais leur utilité est contestée. Ils sont néanmoins interdits pour certaines denrées alimentaires de base : eau, lait, farine, pain, pâtes alimentaires, sucre, jus de fruits, légumes, fruits, viandes, poissons, café, thé, cacao... **(Amin et al., 2010)**.

2. Classification des colorants

Les colorants sont désignés dans la nomenclature par des codes de E 100 à E 180. Jusqu'à la synthèse du premier colorant alimentaire (jaune de quinoléine) en 1882, l'origine des colorants était uniquement naturelle. Aujourd'hui, le répertoire s'est élargi, les industriels ont en plus à leur disposition des colorants d'origine synthétique et artificiels, **(Adeinate, 2018)**.

Ils sont classés en deux catégories différentes :

- ✓ Les colorants naturels
- ✓ Les colorants de synthèse

2.1. Les colorants naturels

Les colorants naturels sont les colorants provenant de la nature elle-même. Qui sont dérivés de source minérale (par exemple oxydes de fer E 172) ou de plantes (par exemple rouge de betterave E162) ou d'origine animale (par ex E 120).

Les colorants naturels sont généralement liposolubles, Ils sont extraits de denrées telles que la betterave, le paprika, les carottes, etc. **(Beutler 2011, Houdjedj 2012)**

Exemples des colorants naturels

❖ Les anthocyanines (végétal)

Les anthocyanines E163 sont des pigments naturels appartiennent à la famille des flavonoïdes.

La couleur de l'anthocyanine dépend du pH (rouge dans des conditions acides bleu dans les conditions basiques et violettes dans des solutions à pH neutres).

Le raisin est l'une des meilleures sources de ce pigment en plus des pommes, des grenades, des oignons, des cerises, des baies rouges...

Elles sont utilisées pour leurs propriétés antioxydantes et colorantes (Solymosi *et al.*, 2015).

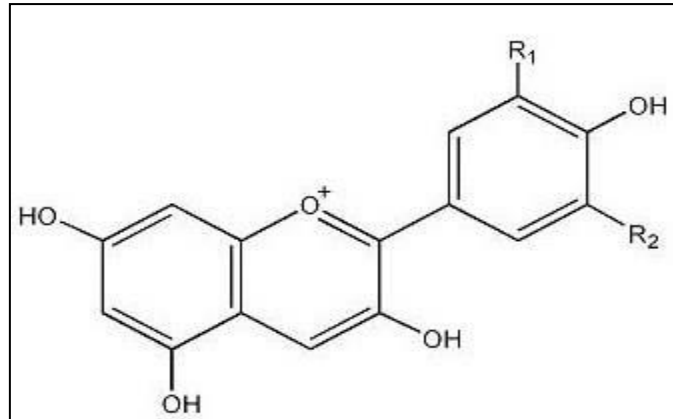


Figure 2. Structure chimique d'anthocyanine (Solymosi *et al.*, 2015)

❖ Acide carminique (animal)

L'acide carminique E 120 est un colorant rouge extrait de plusieurs taxons d'insectes : *Kermes vermilio*, *Porphyrophora polonica*, *Porphyrophora hamelili*, *Dactylopius coccus* et *Kerria lacca*. Dans l'industrie alimentaire il est appelé aussi cochenille, sa couleur en solution change avec le pH (orange à faible pH, vire au rouge à pH légèrement acide et neutre, et vire au violet dans une solution alcaline).

(Solymosi *et al.*,

2015)

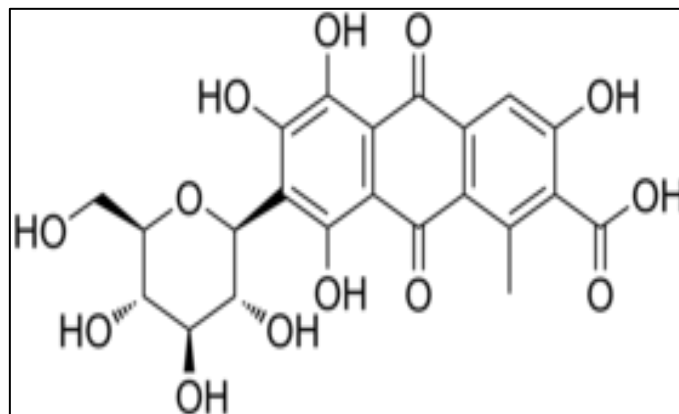


Figure 3. Structure chimique de l'acide carminique (Solymosi *et al.*, 2015)

2.2. Colorants de synthèse

Résultant de la reproduction industrielle de substances naturelles ou d'une création artificielle. Selon leur composition chimique, ils sont divisés en colorant azoïques ou non azoïques. (Houdjedj, 2012).

Exemples des colorants de synthèse**❖ La tartrazine (azoïque)**

La tartrazine E 102 fait partie des colorants synthétiques mono azoïques, bien soluble dans l'eau et peu soluble dans l'éthanol. Elle se présente sous forme de poudre jaune orange inodore (elle devient rouge en milieu alcalin) (Houdjedj, 2012). Ce colorant peut toutefois donner lieu à des réactions allergiques (Clémens, 2018)

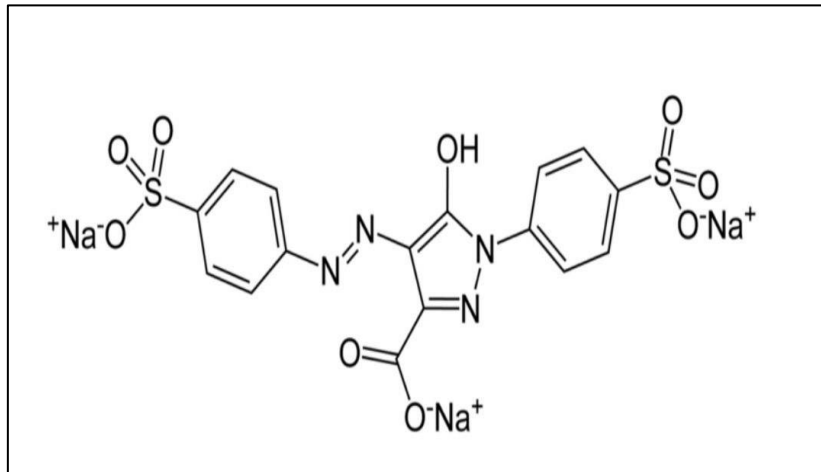


Figure 4.Structure chimique de la tartrazine (Houdjedj, 2012)

❖ Erythrosine (non azoïque)

L'érythrosine E 127 est un colorant synthétique non azoïque, elle se présente sous forme de poudre solide rouge inodore, avec une durée de conservation de six ans.

Ce colorant est ajoutée à une gamme de produits comprenant des sucreries (délice turc), des biscuits, des cerises glacées et en conserve et des saucisses (Houdjedj, 2012).

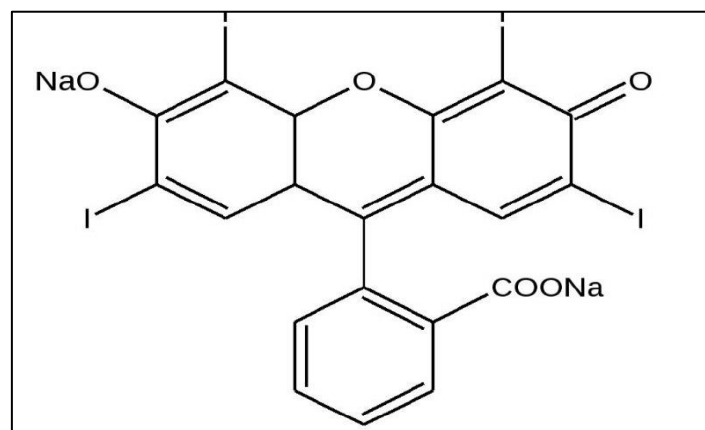


Figure 5.Structure chimique de l'érythrosine (Houdjedj, 2012)

3. Stabilité des colorants

Les colorants alimentaires les plus sensibles sont les pigments naturels dont la stabilité sera conditionnée par la composition de l'aliment, le procédé de fabrication utilisé, l'emballage et la date limite de consommation (**Belhadj, 2015**).

Les principaux facteurs intervenant sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 2. Les facteurs qui influencent la stabilité des colorants alimentaires (**Belhadj, 2015**).

Facteurs	Effets	Solutions éventuelles
Lumière	Décoloration	Conservation à l'abri de la lumière
pH	Dépôts à pH bas Changements de couleur	Micro encapsulation
Chaleur	Pas de Changement de couleur	
Oxydations	Dégradations, décolorations	Micro encapsulation Antioxydants (Acide ascorbique, BHA, BHT...)
Métaux	Dégradation Dépôts de calcium	Agents chélatants (séquestrant)
SO ₂	Décoloration	Limiter l'emploi de SO ₂ , le remplacer par d'autres antioxydants

4. Rôles des colorants

La couleur d'un aliment possède généralement un effet sur notre perception de celui-ci, elle peut augmenter, par exemple, l'appétence du consommateur.

Ce sont la forme et la couleur qui permettent au premier abord de reconnaître un aliment ; la couleur ayant une très grande influence sur notre perception subjective de l'aliment.

En effet, des crêpes bleues, par exemple, ne sont pas appétissantes bien qu'elles aient exactement le même goût que des crêpes de couleur normale. Les colorants sont donc des additifs essentiels pour la consommation et sont ainsi utilisés à différents niveaux par l'industrie alimentaire :

- ✚ Redonner l'apparence originale à un aliment
- ✚ Assurer l'uniformité de la couleur
- ✚ Intensifier la couleur naturelle de l'aliment qui a une influence sur le consommateur
- ✚ Ils compensent également les pertes de couleur dues à l'exposition à la lumière, à l'air, à l'humidité ou aux variations de température (**Beutler, 2011**).

Chapitre III

Biscuits

1. Histoire d'apparition du biscuit

Les origines des biscuits remontent à plusieurs milliers d'années, lorsque la bouillie de céréales devenue galette, premier aliment condensé susceptible d'être conservé (**Zhou, 2014**). Ce sont en fait des marins du Moyen-âge qui ont créé le terme. Pour se nourrir durant leurs longues traversées, ils emportés de la farine, des œufs et de l'eau pour les cuisiner. Ce mélange était cuit deux fois dans le but de mieux conserver (**Manley, 2000**).

La consommation des biscuits est devenue très populaire de nos jours à travers le monde (**Okpala et Okoli, 2013**). Leur popularité est principalement due à leur goût sucré, nature prête à manger, coût abordable, valeur nutritive et longue durée de conservation (**Sudha et al., 2007 ; Vujic et al., 2014**).

2. Définition du biscuit

Le terme « biscuit » signifie en fait deux cuissons, d'abord pour fixer la structure, puis pour réduire la teneur en humidité (**Serrem, 2010**). Cette double cuisson n'est plus pratiquée actuellement en biscuiterie et il est plus juste d'entendre le terme biscuit par « bien cuit » (**Kiger et Kiger., 1967 ; Pedersen et al., 2004**).

Les biscuits sont fabriqués à base de farine de blé, de sucre, d'œufs, de graisse et d'autres ingrédients (**Pasukamonset et al., 2018**). Ils sont une forme de produit de confiserie séché à une faible teneur en humidité (**Kiin-Kabari et Giami., 2015**), ils ont une longue durée de conservation (**Sudha et al., 2007**).

3. Classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (**Mohtedji-Lombalais, 1989 ; Feillet, 2000**).

- Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse-croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60 % de la consommation de biscuits.
- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que les boudoirs, les langues de chat et d'articles moelleux tels que les génoises, les madeleines, les cakes, les macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses.

➤ Les pâtes ayant une forte teneur en lait ou en eau contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes. Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des biscuits tels que la qualité et le niveau des ingrédients utilisés, les conditions de fabrication telles que le pétrissage, le repos et le moulage de la pâte, et enfin la cuisson et le refroidissement des biscuits (Maache- Rezzoug *et al.*, 1998; Manohar et Rao, 2002).

Le biscuit offre une large palette de recettes provenant de nos traditions culinaires présenté dans la figure suivante :

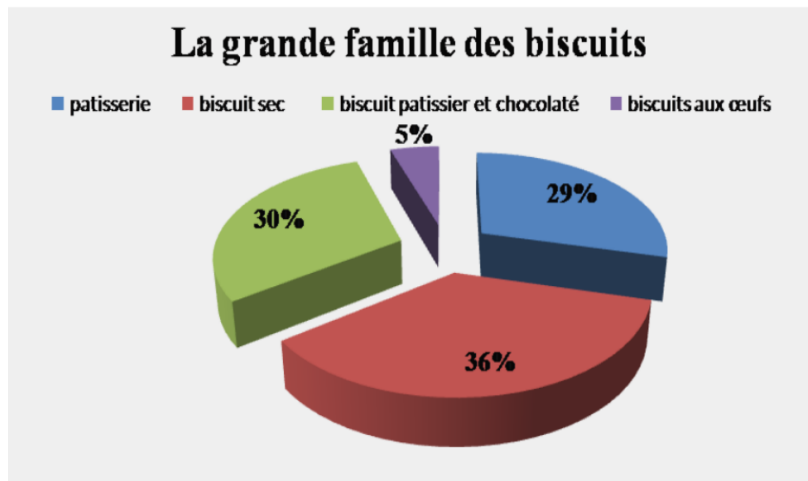


Figure 6. Classification des biscuits (ministère de l’agriculture et de la pêche, 2007).

Selon le **programme National de Nutrition Santé (2007)**, les biscuits sont surtout classés en fonction de leur activité d’eau. En cela, les biscuits sont classés en trois catégories :

-Les biscuits secs : activité d’eau compris entre 0.05 et 0.5 dans cette catégorie se trouve les biscuits sucrés et gouters.

-Les biscuits à humidité intermédiaire : activité d’eau comprise entre 0.55 et 0.85. Dans cette catégorie se trouvent les biscuits aux œufs (boudoirs, cuillers,...) et les gaufrettes qui représentent 5% et les biscuits chocolatés et assortiments représentent 30%.

-Les pâtisseries (produits humides) : activité d’eau supérieure à 0.8.

4. Composition des biscuits

La composition des biscuits devient de plus en plus complexe c'est pourquoi l'étude des matières premières est intéressante, chacune influant sur la qualité finale du produit. De plus les fabricants ne cessent d'innover en changeant ou en améliorant leur procédé de fabrication sur un marché très disputé (Ait Aneur, 2006). La spécificité des biscuits par rapport à d'autres produits céréaliers comme le pain réside dans leur faible teneur en eau et le nombre important d'ingrédients entrant dans leur composition (Charun et Morel, 2001). La recette de base est faite de farine, de matière grasse, de sucre et d'eau. Les proportions de ces quatre constituants varient au sein d'une large plage d'un produit à l'autre. D'autres ingrédients sont

souvent présents : (œufs, lait, chocolat, émulsifiants, agents réducteurs, fruits secs, amandes...) (Feillet, 2000).

Tableau 3. Composition nutritionnelle des biscuits (pour 100g) (Feillet, 2000).

Type de biscuit	Amidon (g)	Sucres (g)	Protéines (g)	Lipides (g)	Kcal
Biscuits type petit beurre	56	21	9	11	440
Biscuits sablé	45	23	7	12	500
Goutter sec	52	27	8	5	390
Biscuits aux œufs	26	58	8	4	405
Génoise confiturée	21	57	5	3	360
Biscuits confituré	30	45	5	5	365
Gouter four chocolaté	29	33	7	18	480
Biscuits chocolaté	29	35	7	26	520
Cookies	31	29	6	27	505

5. Biscuits enrichis

Les biscuits offrent un bon véhicule de supplémentations précieuses pour l'amélioration nutritionnelle (Zucco *et al.*, 2011). Plusieurs études ont été rapportées pour améliorer la valeur nutritive des biscuits en incorporant des haricots, des graines de sésame, des pois chiches, de l'orge, du niébé, du lupin, des protéines de soja et des fibres de maïs (Serrem, 2010; Hyun-Jung *et al.*, 2014 ; Menasra, 2020).

Matériel et méthodes

La partie pratique de la présente étude a été réalisée au laboratoire pédagogique numéro 02 de l'Université 08 mai 1945 Guelma.

Notre travail repose sur l'incorporation de deux colorant, naturel(jus de betterave) et artificiel (SIN122), dans une recette de biscuit de type Madeleine, puis on a fait le suivi des modifications des paramètres physicochimiques et sensorielles ainsi que le potentiel antioxydant des biscuits préparés au cours du stockage.

1. Matériel utilisé

Les betteraves utilisées et les autres ingrédients (le colorant Sin122, farine, sucre, huile, œufs et levure chimique) ont été achetés de la supérette Mono prix, rue Abane Ramdan Guelma.



Figure 7. Ingrédients utilisés dans la préparation du biscuit.

2. Extraction de jus de betterave

Les betteraves ont été bien lavées à l'eau du robinet pour les nettoyer et éliminer les saletés. Ensuite, elles ont été épluchées manuellement avec un couteau, râpées et hachées dans un hachoir (Moulinex). Enfin, le mélange obtenu a ensuite été pressé et filtré à l'aide d'une passoire. Le jus extrait a été conservé dans un flacon en verre fumé à 5°C (figures, 8 et 9) (Parveen *et al.*, 2017).

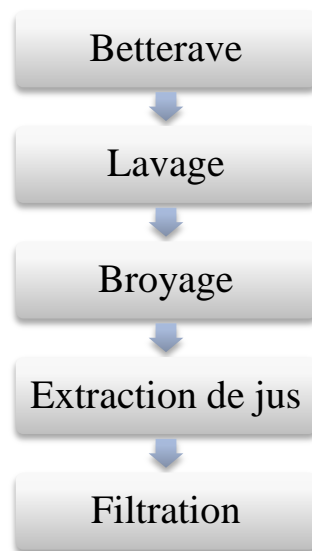


Figure 8. Diagramme d'extraction de jus de betterave

3. Préparation des biscuits

Les biscuits ont été préparés selon une recette traditionnelle adaptée des travaux de (Pasukamonset *et al.*, 2018).

Deux œufs et 150 g de sucre ont été mis dans un bol et mélangés au batteur électrique, puis 150 ml de l'huile et 150 g de la farine et la levure chimique ont été ajoutés et le tout a été mélangé avec un fouet. Enfin, 100 ml du jus de betterave (colorant naturel) et 7 ml de SIN 122 ont été ajoutés pour colorer la pâte. Ensuite, le mélange est versé dans des moules à madeleine et cuit au four préchauffé à 180 degrés pendant 12 minutes. Les madeleines préparées sont refroidies et conservées dans des sacs de conservation des aliments au réfrigérateur à 4 °C.

Le schéma de préparation du biscuit est présenté dans la figure 10 ci-dessous :

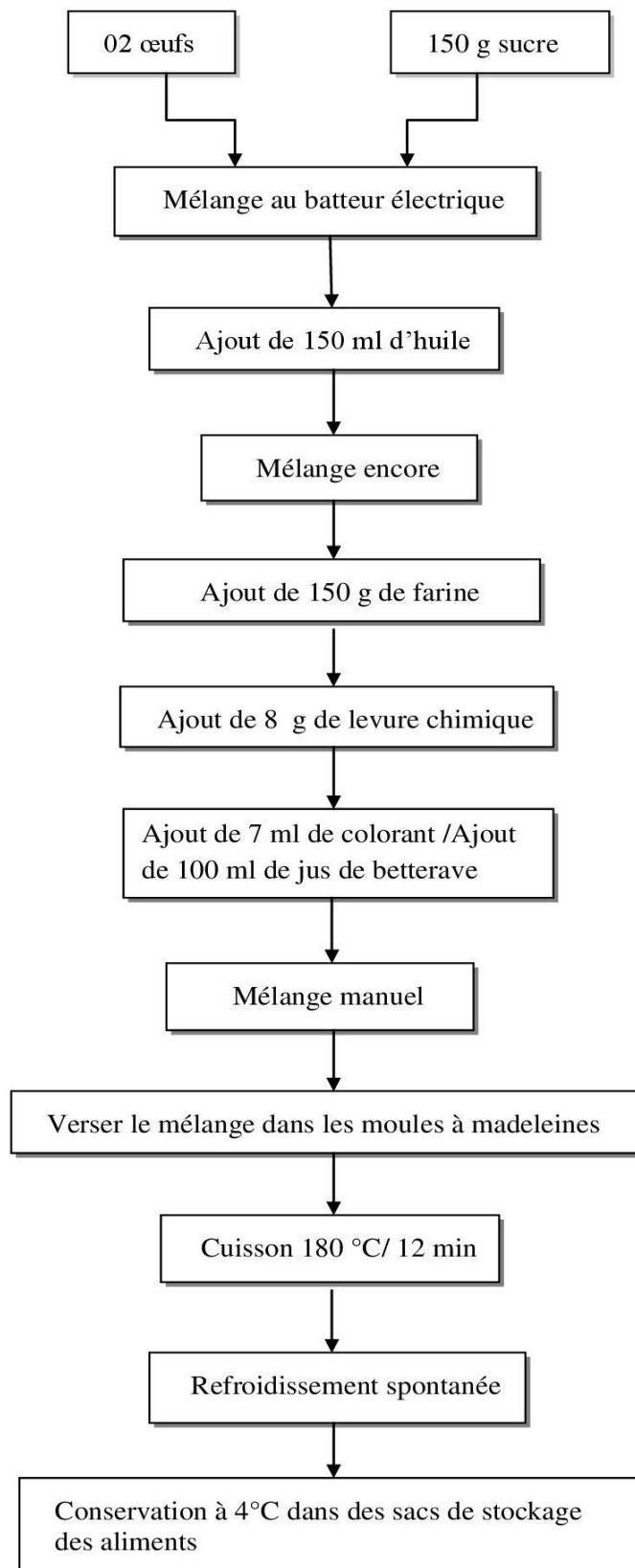


Figure 9. Diagramme de préparation des biscuits

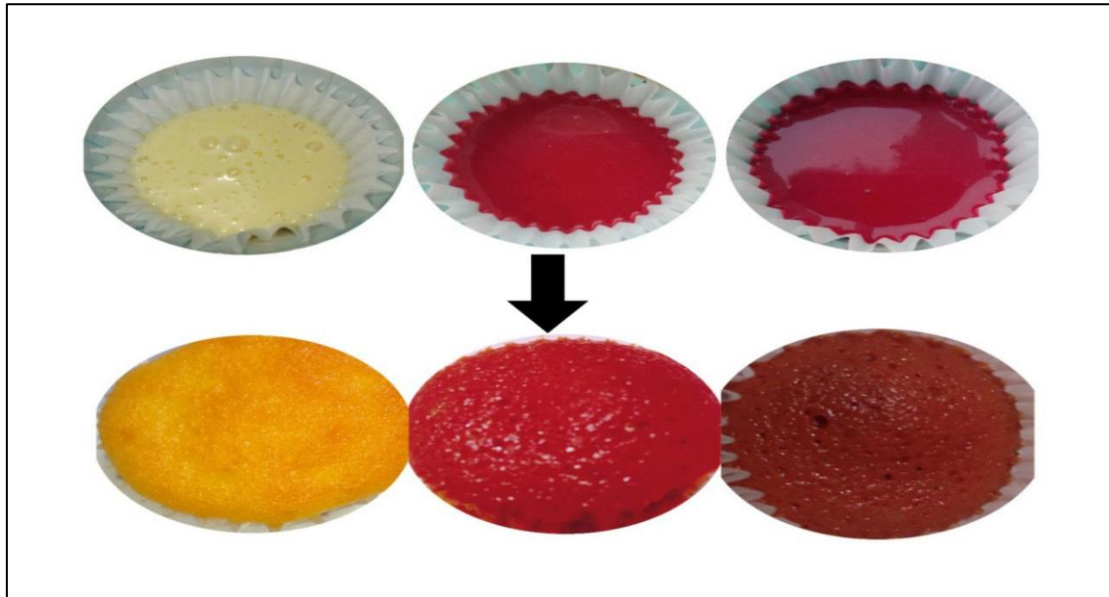


Figure 10. Biscuits sans colorant, avec colorant synthétique et avec colorant naturel, avant et après cuisson

4. Méthodes d'analyses

4.1. Analyses physico-chimiques

4.1.1 Taux d'humidité

+ Principe

Le principe de la détermination de la teneur en eau est mesuré comme la perte de poids d'un échantillon lorsqu'il est chauffé (AACC).

+ Mode opératoire

Trois grammes (3 g) de chaque biscuit (sans colorant, avec colorant synthétique, et avec colorant naturel) ont été pesés et placés dans un étuve à 105°C pendant 2 heures, jusqu'à la stabilité du poids. (AOAC cité par **Fabrice et al., 2021**).

La perte de masse de l'échantillon est calculée comme le pourcentage d'humidité selon la formule suivante :

$$H\% = (m1 - m2) / P \times 100$$

m1 : Masse du capsule + échantillon avant séchage (g).

m2 : Masse du capsule + échantillon après séchage (g).

P : Masse de la prise d'essai (g).

4.1.2 Mesure de pH

Principe

La détermination en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes prolongés dans une solution d'échantillon broyé (**Menasra, 2020**).

Mode opératoire

Un volume de 100 ml d'eau distillée a été ajouté à 10 g de chaque échantillon (biscuits sans colorant, biscuits avec colorant synthétique, biscuit avec colorant naturel) ; après 15 min d'homogénéisation à l'aide d'un agitateur magnétique, le pH de la solution a été déterminé en utilisant un pH-mètre (**AOAC cité par Fabrice et al., 2021**).

4.1.3 Mesure de l'acidité titrable

Principe

Le principe consiste en le titrage de l'acidité d'une solution aqueuse d'échantillon broyé avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur (**NF V 05-101,1974 cité par Berkem et Mansoul., 2019**).

Mode opératoire

Un volume de 100 ml d'eau distillée a été ajouté à 10 g des échantillons (biscuits sans colorant, biscuits avec colorant synthétique, biscuits avec colorant naturel) ; suivi d'une agitation pendant 15 minutes puis filtration. Ensuite, deux à trois gouttes de phénolphtaléine ont été ajoutés et le mélange a été titré avec une solution de NaOH (0,1N) jusqu'au virage de la couleur vers un rose qui persiste quelques secondes (**NF V 05-101,1974 cité par Jemni et al., 2017**).

$$\text{Acidité (g/l)} = N_0 \times V_0 \text{ (ml)} \times M / V_1 \text{ (ml)} \times P$$

N_0 : 0,1 (normalité de NaOH)

V_0 : volume de NaOH (chute de burette)

M : masse moléculaire de l'acide citrique (192g/mol)

V_1 : volume d'échantillon dilué

P : 3 (nombre de protons portés par l'acide citrique)

4.1.4. Taux de Brix

Principe

Le degré Brix est traduit comme étant la teneur en sucre exprimé en gramme (g) dans 100g d'échantillon (**Smati et al., 2017**).

✚ Mode opératoire

La lecture a été faite à l'aide d'un réfractomètre, et cela en déposant simplement une goutte de chaque échantillon sur la surface du prisme, puis le deuxième prisme est placé sur le premier. Face à une source lumineuse, la valeur est directement lue à travers l'oculaire de réfractomètre (NF V05-109-1970 cité par Boumaza et Makhloufi., 2018).

4.2. Analyses phytochimiques

4.2.1. Dosage des antioxydants

4.2.1.1. Extraction et dosage des composés phénoliques totaux

❖ Préparation de l'extrait phénolique

L'objectif de cette extraction est de libérer les polyphénols présents dans les biscuits par diffusion. Ces derniers sont extraits par extraction liquide-liquide en utilisant l'acétone 70% comme solvant.

Pour obtenir l'extrait phénolique, nous avons opté pour le protocole décrit par (Mahmoudi *et al.*, 2012), en y apportant quelques modifications : 100 ml d'acétone 70 % ont été ajoutés à 10 g de poudre du biscuit (sans colorants, avec colorant synthétique et avec colorant naturel), suivi d'une agitation pendant 30 minutes à une température ambiante, et une centrifugation à 1500 tour par minute pendant 5 minutes. Enfin les mélanges ont été filtrés. Les extraits obtenus ont été conservés dans des flacons fermés hermétiquement.

✚ Principe

Les composés phénoliques sont généralement oxydés par le réactif de Folin Ciocalteu. Les constituants de ce dernier, qui sont l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et l'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), sont réduits en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) (Boizot et Charpentier., 2006).

✚ Mode opératoire

La teneur en composés phénoliques a été estimée par un dosage colorimétrique basé sur les procédures décrites par (Singleton et Ross., 1965) avec quelques modifications. Un volume de 100 μ l de chaque extrait a été ajouté à 1 ml de réactif Folin-Ciocalteu et 800 μ l d'une solution de carbonate de sodium (7,5 %). Les tubes ont été agités et incubés à l'obscurité pendant 30 min. L'absorbance est déterminé par spectrophotométrie à 765 nm. La teneur en composés phénoliques est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g de biscuit (mg EAG/100 g) (Figure 1, annexe).

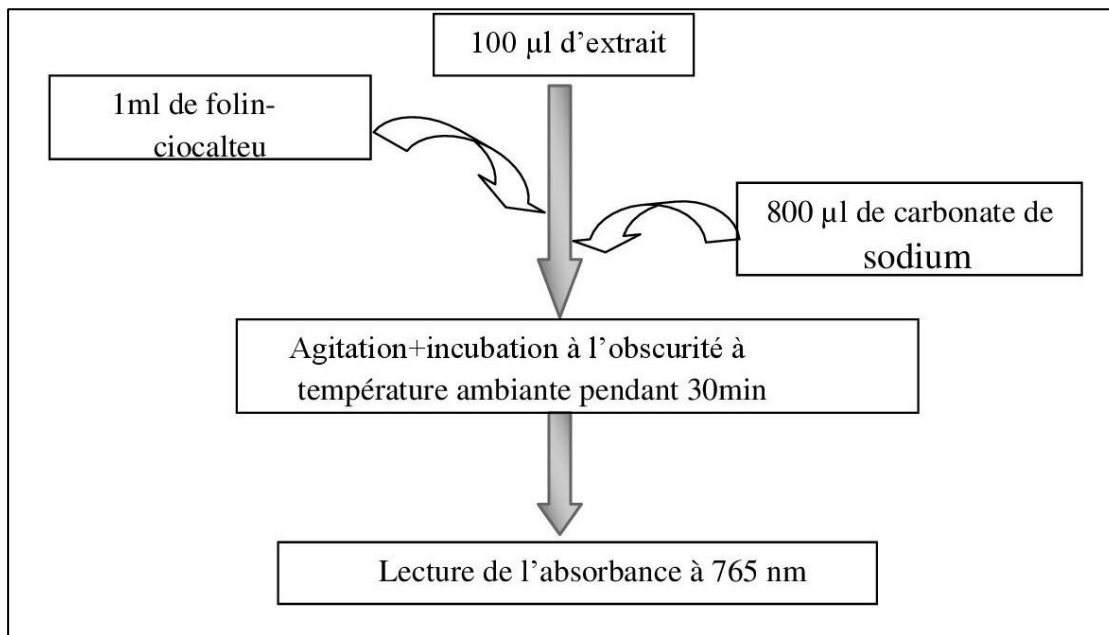


Figure 11. Etapes de dosage des polyphénols totaux.

4.2.1.2. Extraction et dosage des bétalaïnes

Les bétalaïnes sont constitués de deux grandes familles à savoir : les bétacyanines et les indicaxanthines, leurs teneurs sont mesurés respectivement à des longueurs d'ondes de 532 nm et 482 nm.

Mode opératoire

Pour obtenir l'extrait de bétalaïne, 60 ml d'eau distillé ont été ajoutés à 3 g de poudre du biscuit (sans colorants, avec colorant synthétique et avec colorant naturel) suivi d'une agitation pendant 15 minutes à température ambiante. Après une centrifugation à 1500 tour par minute pendant 5 minutes, le mélange a été filtré avec du papier filtre. (Moussaoui *et al.*, 2020). Ensuite, la lecture de l'absorbance a été mesurée à 532 nm pour les bétacyanines et à 482 nm pour les indicaxanthines (Ydjedd *et al.*, 2021).

Les teneurs en bétalaïnes (BC) ont été exprimées en mg/100g et calculées selon la formule suivante :

$$BC = A \times MM \times FD \times 1000 / \epsilon \times L$$

A : absorption à 532 (bétacyanines) et 482 nm (indicaxanthines)

L : longueur du trajet (1 cm)

ε : coefficients d'extinction molaire (60 000 l/mol.cm) pour les bétacyanines et 48 000 l/mol.cm) pour les indicaxanthines.

MM : masse molaire 551,4768 g/mol pour les bétacyanines, 308,2866 g/mol Pour les indicaxanthines.

FD : facteur de dilution

4.2.2. Evaluation de l'activité antioxydante

Dans le but d'évaluer l'activité antioxydante des différents échantillons, deux tests différents ont été réalisés : le pouvoir réducteur de fer et l'activité anti-radicalaire DPPH.

4.2.2.1. Pouvoir réducteur de fer (PRF)

Principe

Le pouvoir réducteur est la capacité d'une molécule à céder un électron ou proton. Le pouvoir réducteur d'un composé peut servir d'un indicateur significatif de son potentiel antioxydant. Il se base sur la réaction d'oxydoréduction. C'est l'aptitude des antioxydants présents dans l'extrait à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) de complexe ferricyanure [$\text{FeCl}_3/\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$] en fer ferreux (Fe^{2+}) en présence d'un agent chromogène (KCN). La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (Moreira *et al.*, 2008).

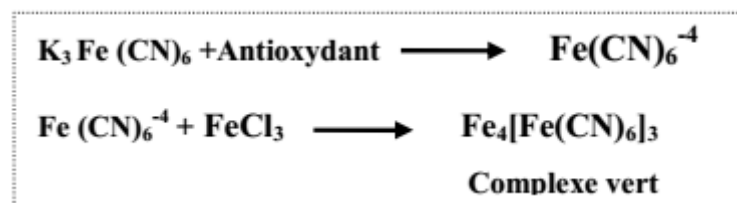


Figure 12. Réaction de pouvoir réducteur de fer (Koksal *et al.*, 2011)

Mode opératoire

Un volume de 200 μl de l'extrait a été mélangé avec 500 μl d'une solution tampon phosphate et 500 μl d'une solution de ferricyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ après l'ensemble a été incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 min, ensuite, 500 μl d'acide trichloracétique (ajoutés pour stopper la réaction) et 200 μl de FeCl_3 ont été ajoutés au mélange. Les tubes ont été centrifugés à 1500 rpm pendant 10 min. La lecture de l'absorbance a été faite à 700 nm (Oyaizu., 1986). Les résultats du pouvoir réducteur sont exprimés en mg équivalent acide ascorbique par 100g de biscuit (mg EAA/100g MS), en se référant à une courbe d'étalonnage (figure 2, annexe).

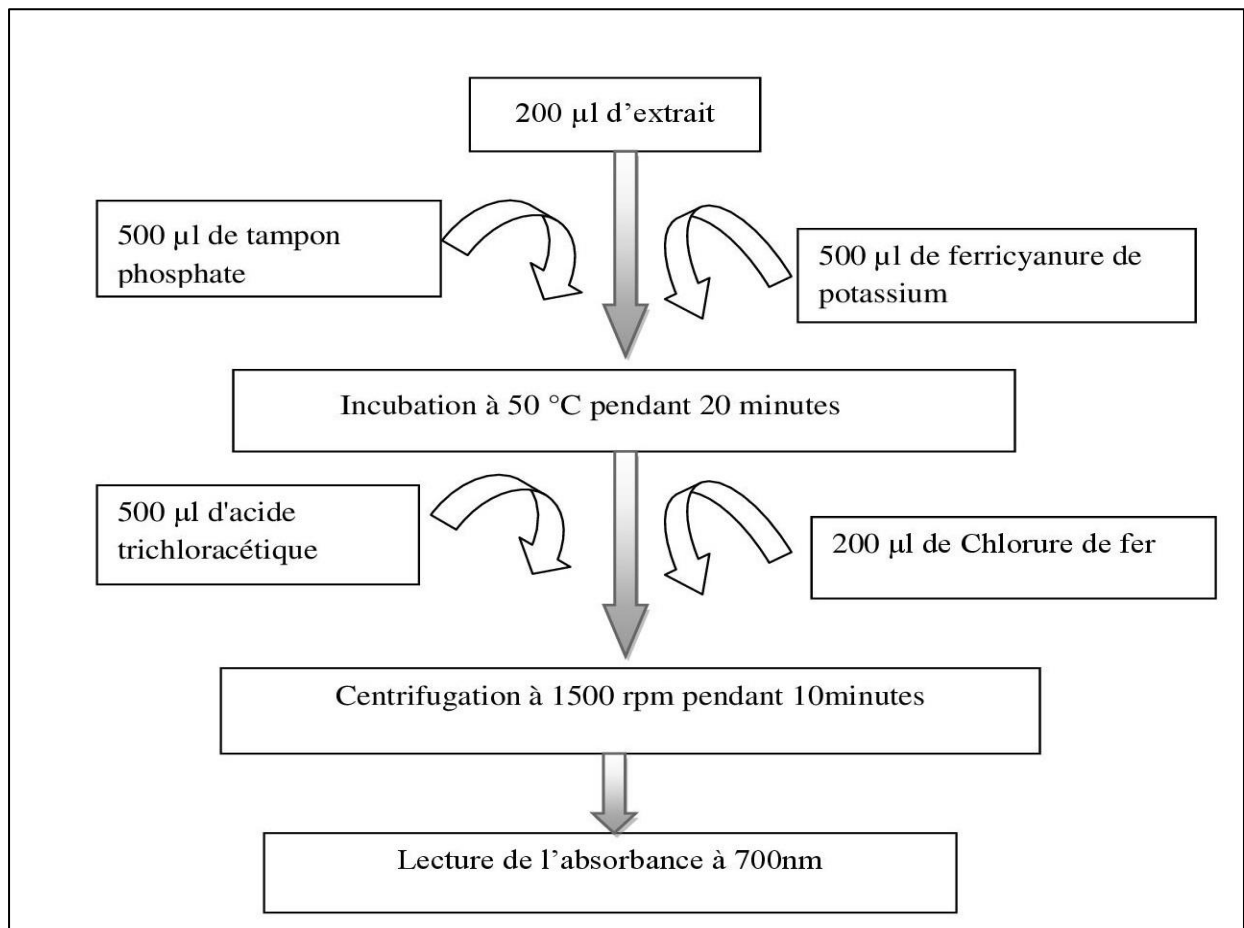


Figure 13. Etapes de détermination du pouvoir réducteur de fer (PRF).

4.2.2.2. Activité antiradicalaire DPPH

Principe

La réduction du radical libre DPPH° (2,2'-diphényle-1-picryl hydrazyl) par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV-Visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par les antioxydants (Molyneux, 2004). En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH. (2.2 Diphenyl 1 picrylhydrazyl) de couleur violette se réduit en (2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazine) de couleur jaune (Maataoui *et al.*, 2006).

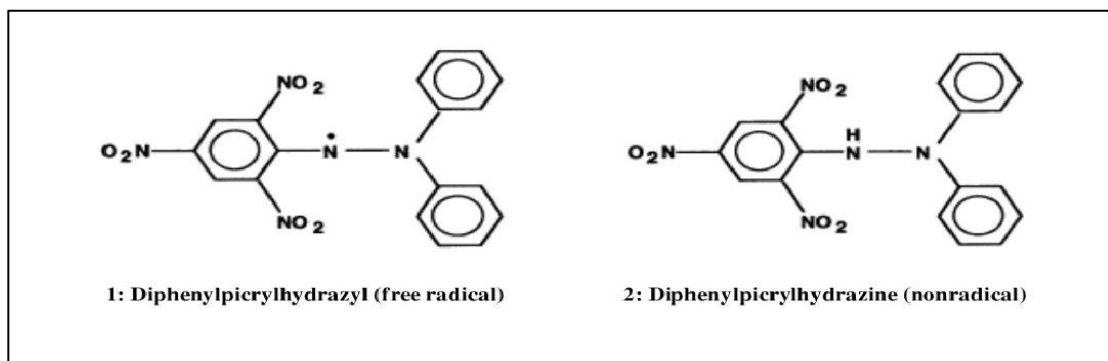


Figure 14. Réaction de réduction de radical libre DPPH (2.2 Diphenyl 1 picrylhydrazyl) (Molyneux., 2004).

Mode opératoire

La détermination de l'activité antiradicalaire par le test de DPPH a été effectuée en utilisant la méthode décrite par (Blois., 1958). Une solution méthanolique de DPPH a été préparée en dissolvant 2,4 mg de ce produit dans 100 ml de méthanol. Ensuite, 200 µl d'extrait à une concentration donnée sont ajoutés à 1,5 ml de la solution de DPPH, après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 517 nm.

L'activité antiradicalaire (pourcentage d'inhibition) est estimée selon la formule suivante :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = \left[\frac{(\text{Abs témoin} - \text{Abs extrait})}{\text{Abs témoin}} \times 100 \right]$$

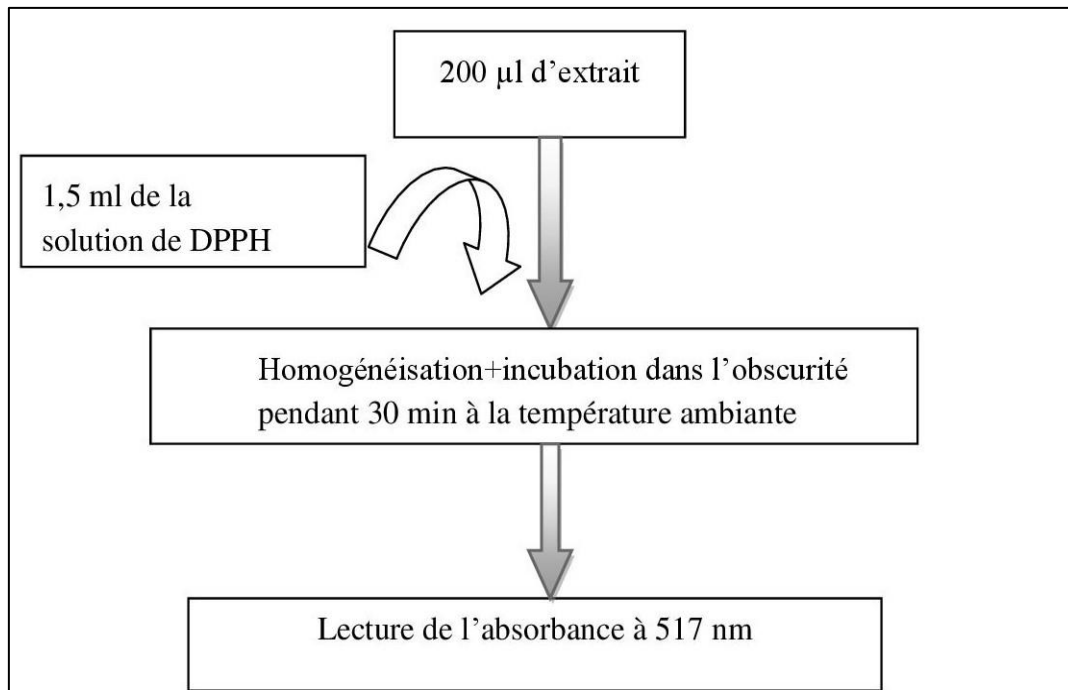


Figure 15. Etapes d'évaluation de l'activité anti-radicalaire DPPH

4.3. Analyse sensorielle

Seize personnes d'âges et de sexes différents ont été recrutées pour être panélistes. Chaque consommateur a reçu 3 biscuits différents. Les biscuits ont été codés à l'aide de nombres aléatoires à 3 chiffres et servis à température ambiante dans un ordre aléatoire.

L'eau a été fournie pour nettoyer la bouche des consommateurs entre la dégustation de chaque échantillon. Les biscuits ont été évalués sur la base de couleur, texture, arôme, saveur, goût et la préférence générale selon une échelle hédonique en 10 points.

1-3 = faiblement aimé 3-5 = moyenne 5-7 = aimé 7-10 = fortement aimé

5. Analyse statistique

Les paramètres de la statistique descriptive (moyennes et écart types) ont été calculés à l'aide du programme Microsoft Excel 2013. Le logiciel « STATISTICA 5.5 » est utilisé pour réaliser l'analyse de la variance ANOVA, et le degré de signification des données est pris à la probabilité $p < 0,05$.

Toutes les valeurs sont exprimées par la moyenne de trois essais ($n=3$). Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives entre les différents types des biscuits préparés au cours de la même semaine de conservation ($p < 0,05$). Avec $a > b > c > d$.

Les lettres A, B, C et D indiquent des différences significatives pour le même type de biscuit au cours de la conservation ($p < 0,05$). Avec $A > B > C > D$.

Résultats et discussion

L'objectif de notre travail est de suivre la performance d'un biscuit incorporé avec deux colorants naturel (jus de betterave) et synthétique (Sin 122) au cours du stockage (21 jours). Plusieurs tests ont été réalisés sur le biscuit (Madeleine) après cuisson.

1. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des trois biscuits préparés (sans colorants, avec colorant synthétique, avec jus de betterave), au cours de stockage sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4.Caractéristique physico-chimiques des Madeleines préparées au cours de la conservation

		Taux d'Humidité (%)	pH	Acidité (g/l)	Brix (%)	Indice de réfraction
Sans colorant	T0	2,15±0,21	7,69±0,1	1,83±0,33	3,5	1,33
	T1	2,05±0,07	7,97±0,03	1,83±0,17	3,5	1,33
	T2	1,1±0,14	8,12±0,04	1,63±0,17	3,53±0,06	1,33
	T3	0,65±0,04	8,06±0,03	1,54±0,17	3,67±0,12	1,33
Colorant synthétique SIN 122	T0	3,95±0,07	8,01±0,02	1,25±0,17	3,03±0,25	1,33
	T1	2,33±0,03	8,18±0,02	0,96±0,17	3,1	1,33
	T2	1,32±0,04	8,14±0,02	0,76±0,17	3,17±0,06	1,33
	T3	0,81±0,03	8,54±0,03	0,67±0,16	3,33±0,06	1,33
Colorant naturel (jus de betterave)	T0	4,33±0,04	6,78±0,03	2,12±0,17	3.1	1,33
	T1	2,66±0,04	8,12±0,03	1,82±0,17	3.2	1,33
	T2	1,67±0,03	6,13±0,03	1,78±0,08	3,33±0,06	1,33
	T3	1±0,14	8,05±0,04	1,63±0,17	3,37±0,21	1,33

1.1. Taux d'humidité

La teneur en humidité est un élément important d'évaluation du degré de maturité du produit et de sa durée de vie (**Doukani et al., 2014**). Les résultats montrent que les valeurs diminuent de 2,15% à 0,65% pour le biscuit sans colorant, de 3,95% à 0,81% pour le biscuit avec SIN122 et de 4,33% à 1% pour le biscuit avec le jus de betterave durant 21 jours du stockage. Cependant les teneurs en eau des biscuits sont proches de celles rapportées par **Gandhi et al. (2021)** qui ont trouvé 4,32% dans leur étude sur les biscuits enrichis en complexe concentré de protéines de lactosérum-sulfate de fer (WPC-FeSO₄).

La variation de la teneur en eau peut être due aux techniques de traitement et les conditions de stockage (**Ozcan et Arslam., 2006**).

1.2. pH

Le pH est une variable utilisée dans de nombreux domaines pour la caractérisation du produit de contrôle de qualité (**Benyagoub et al., 2011**).

La valeur du pH est un autre paramètre qui détermine la qualité de la conservation des aliments. C'est l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit surmonter pour assurer sa prolifération (**Sadler et Murphy., 2010**). Les résultats du pH montrent que les valeurs augmentent au cours de stockage et varient de 7,69 à 8,06 pour le biscuit sans colorant, de 8,01 à 8,54 pour le biscuit avec SIN122 et de 6,78 à 8,05 pour le biscuit au colorant. Le pH obtenu est acceptable par rapport aux valeurs établies par **Parveen et al. (2017)** qui ont trouvé 8,50 pour les biscuits enrichis en fibre.

1.3. Acidité

L'acidité titrable est un meilleur prédicateur de l'impact des acides organiques dans les aliments (**Tyl et Sadler, 2017**).

Les résultats obtenus montrent que les valeurs d'acidité diminuent au cours de la conservation, et elles varient de 1,83 g/l à 1,54g/l pour le biscuit sans colorant, de 1,25g/l à 0,67g/l pour le biscuit avec SIN122 et de 2,12 g/l à 1,63g/l pour le biscuit au colorant naturel. Les résultats obtenus sont.

La diminution de l'acidité titrable dans les biscuits peut être due au départ de l'acidité volatile et composés organiques lors de la cuisson (**Dias et Bandara, 2019**).

1.4. Brix

Le degré de Brix est l'un des critères de base utilisés par les industriels, il indique le pourcentage de solides solubles dans l'eau d'un aliment (**Türkmen et Eksi, 2011**). Les résultats montrent une légère augmentation des valeurs de Brix de 3,5% à 3,67 % pour le biscuit sans colorant, de 3,03% à 3,33% pour le biscuit avec SIN122 et de 3,1% à 3,33% pour le biscuit au colorant naturel durant le stockage.

Les résultats obtenus sont inférieurs de ceux obtenus par **Ayaz et al. (2021)** qui ont trouvé 9,50 % pour les biscuits enrichis en poudre de datte.

2. Analyses phytochimiques

2.1. Teneurs en polyphénols totaux

Les composés phénoliques sont l'objet de nombreuses études en raison de leur action bénéfique sur la santé (**Richard et al., 2001**). Le dosage réalisé a mis en évidence la présence de

polyphénols totaux dans les trois biscuits préparés. Les différents résultats obtenus sont illustrés dans la **figure 16**.

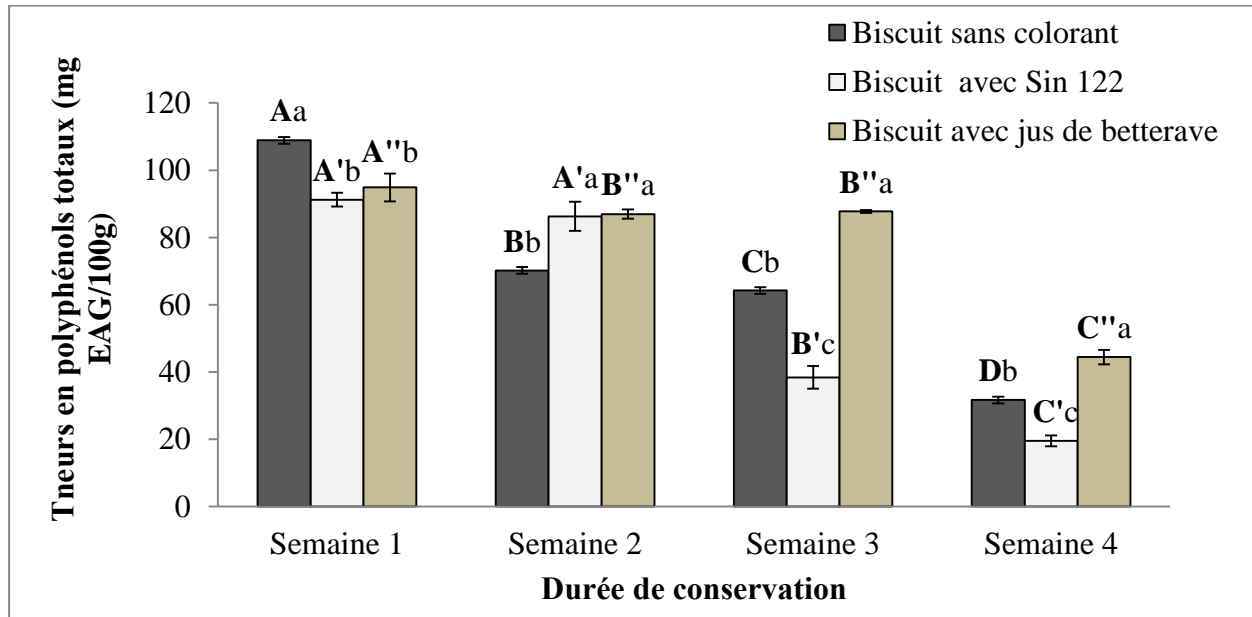


Figure 16. Teneurs en composés phénoliques totaux des Madeleines préparées au cours de la conservation

Toutes les valeurs sont exprimées par la moyenne de trois essais (n= 3).

Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives entre les différents types des biscuits préparés au cours de la même semaine de conservation ($p < 0,05$). Avec $a > b > c > d$.

Les lettres A, B, C et D indiquent des différences significatives pour le même type de biscuit au cours de la conservation ($p < 0,05$). Avec $A > B > C > D$.

D'après les résultats illustrés dans la figure 16, on constate que les teneurs en polyphénols totaux des trois biscuits frais (semaine 1) sont $108,89 \pm 7,39$ mgEAG/100g, $91,22 \pm 4,29$ mgEAG/100g, $94,9 \pm 4,13$ mgEAG/100g pour les biscuits sans colorants, le biscuit avec le SIN 122 et pour le biscuit avec le jus de betterave respectivement, ces teneurs obtenus sont élevées par rapport aux teneurs obtenus après conservation (semaines 2,3 et 4). L'analyse statistique révèle une différence significative ($p < 0,05$) sur la teneur en polyphénols totaux entre les trois biscuits après 15jours (semaine 3) et 21 jours (semaine 4) de conservation.

Cependant, au cours du stockage, la concentration des polyphénols totaux diminue significativement ($p < 0,05$) avec le temps pour les trois échantillons du biscuit et varient entre 108,89 et 31,69 mgEAG/100g pour le biscuit sans colorant, entre 91,22 et 19,55 mgEAG/100g pour le biscuit avec colorant synthétique, et entre 94,9 et 44,44 mgEAG/100g pour le biscuit avec le jus de betterave.

Les teneurs obtenues en composés phénoliques totaux sont supérieures de ceux rapportées par **Jahanbakhshi et Ansari (2020)** qui ont trouvé une valeur de $71,31 \pm 3,28$ mgEAG/100g pour les biscuits enrichis avec la poudre de noyaux d'olive comme antioxydant.

Krystijan *et al.* (2017) ont indiqué que la teneur en composés phénoliques des produits de boulangerie se réduit au cours de stockage en raison de la dépolymérisation des polyphénols et de la décarboxylation des acides phénoliques qui se produisent lors du traitement thermique.

2.2. Teneurs en bétalaines

Les bétalaines contiennent des pigments divisés en deux groupes, des pigments jaunes (indicaxanthines) et des pigments rouges (bétacyanines) (**Sadowska Bartosz et Bartosz., 2021**).

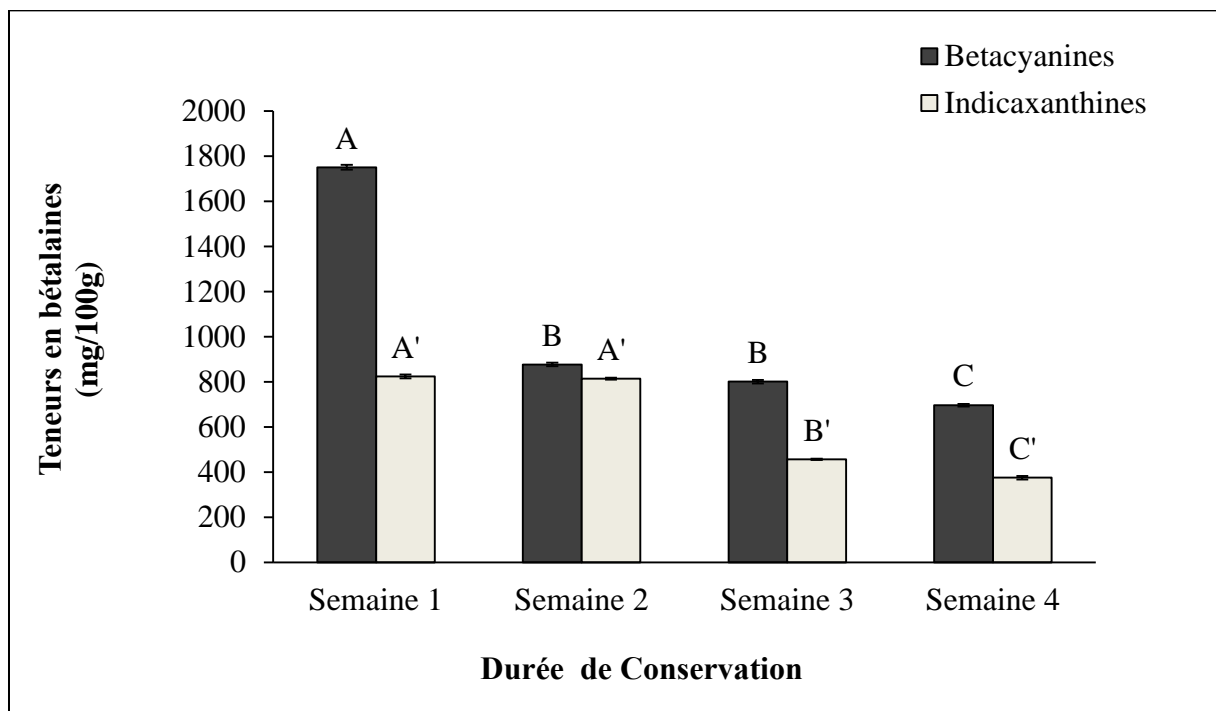


Figure 17. Teneurs en bétalaines des Madeleines préparées au cours de la conservation

Toutes les valeurs sont exprimées par la moyenne de trois essais ($n = 3$).

Les lettres A, B, C et D indiquent des différences significatives pour le même type de biscuit au cours de la conservation ($p < 0,05$). Avec $A > B > C > D$.

Les résultats illustrés dans la figure 17 montrent que les teneurs en bétalaines diminuent significativement ($p < 0,05$) durant les trois semaines de stockage. On constate aussi que les teneurs des bétacyanines sont plus élevées que les teneurs des indicaxanthines. Ainsi, les teneurs des bétacyanines varient de 1750,53 à 696,06 mg/100g, tandis que les teneurs des indicaxanthines oscillent entre 823,53 et 375,10 mg/100g.

Les facteurs les plus importants affectant la stabilité des bétalaines pendant le stockage et la transformation des aliments sont le traitement thermique et le pH. Les bétacyanines et les indicaxanthines sont sensibles à la chaleur et se dégradent à des températures supérieures à 50 °C, cette caractéristique est un inconvénient important dans leur utilisation pour la coloration des aliments (**Sadowska Bartosz et Bartosz., 2021**). Une dégradation des bétalaines est minimale à un pH entre 4 et 6 (**Ben Hadj Koubaier *et al.*, 2020**).

3. Activité antioxydante

3.1. Pouvoir réducteur de fer des extraits phénoliques

Le pouvoir réducteur de fer fournit un essai rapide, et facile pour mesurer la capacité antioxydante de divers échantillons (**Bougandoura et Bendimerad, 2012**) par une réaction colorimétrique liée à l'oxydoréduction, où le fer ferrique (Fe^{3+}) est réduit en fer ferreux (Fe^{2+}) (**Rivas-Arreola et al., 2010**).

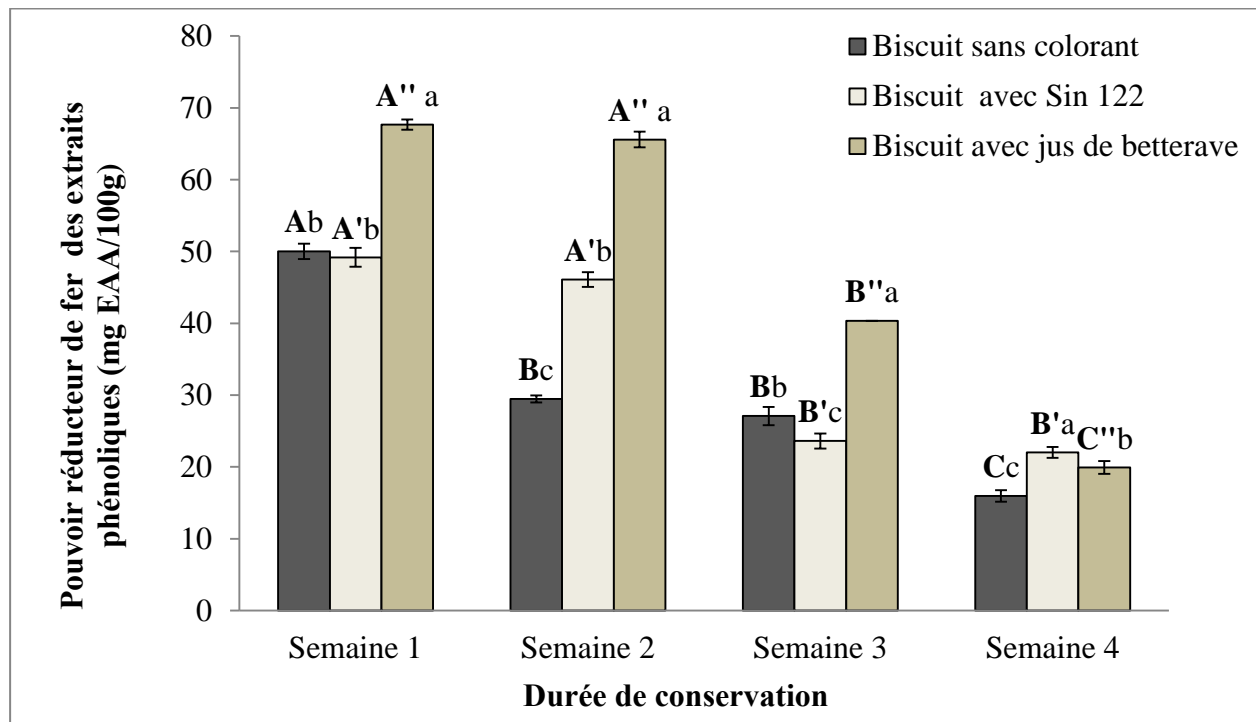


Figure 18. Pouvoir réducteur de fer des extraits phénoliques des Madeleines préparées au cours de la conservation

Toutes les valeurs sont exprimées par la moyenne de trois essais ($n = 3$).

Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives entre les différents types des biscuits préparés au cours de la même semaine de conservation ($p < 0,05$). Avec $a > b > c > d$.

Les lettres A, B, C et D indiquent des différences significatives pour le même type de biscuit au cours de la conservation ($p < 0,05$). Avec $A > B > C > D$.

Les résultats présentés dans la figure 18 montrent que le pouvoir réducteur du fer des extraits phénoliques diminue significativement ($p < 0,05$) au cours de stockage pour les trois biscuits préparés. Les valeurs de PRF diminuent de 50,02 à 15,97 mgEAA/100g pour le biscuit sans colorant, de 49,18 à 22,03 mgEAA/100g pour le biscuit avec SIN 122 et de 67,68 à 19,93 mgEAA/100g pour le biscuit au jus de betterave. On constate également que l'extrait phénolique de biscuit au jus de betterave exerce le meilleur pouvoir réducteur jusqu'à 15 jours de stockage.

Les résultats obtenus pour le pouvoir réducteur de fer sont inférieurs par rapport à ceux obtenus par **Pasukamonset *et al.* (2018)** qui ont trouvé une valeur de $90,50 \pm 3,54$ mgEAA/100g pour les biscuits enrichis en extrait de *Clitoria ternatea*.

La diminution de pouvoir réducteur de fer des extraits phénoliques au cours de la conservation peut être due à la diminution des teneurs en composés phénoliques totaux.

3.2. Pouvoir réducteur du fer d'extrait de bétalaïne

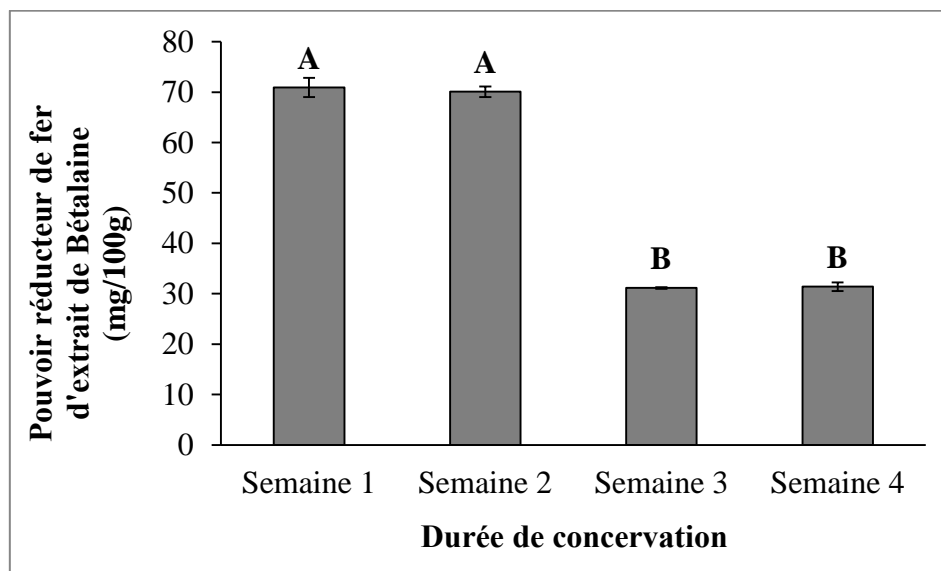


Figure 19. Pouvoir réducteur de fer d'extrait de bétalaïnes des Madeleines enrichi en jus de betterave au cours de la conservation

Les lettres A, B, C et D indiquent des différences significatives pour le même type de biscuit au cours de la conservation ($p < 0,05$). Avec $A > B > C > D$.

Les résultats présentés dans la figure 19 montrent que le pouvoir réducteur du fer de l'extrait de bétalaïnes diminue significativement après une semaine de conservation (semaine 2), et les valeurs varient entre 70,92 et 31,4 mgEAA/100g.

Les résultats obtenus pour le pouvoir réducteur de fer d'extrait de bétalaïnes sont inférieurs par rapport à ceux retrouvés dans le poudre de betterave (181 mg/100g) (**Alshehry., 2019**).

Ces résultats peuvent s'expliquer par leurs teneurs plus élevées en bétalaïnes qui ont contribué de manière significative à cette activité (**Ydjedd *et al.*, 2021**).

3.3. Activité antiradicalaire DDPH des extraits phénoliques

Le radical libre DPPH est l'un des substrats les plus couramment utilisés pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de la stabilité de sa forme radicalaire et de la simplicité de son analyse (**Doukani *et al.*, 2014**).

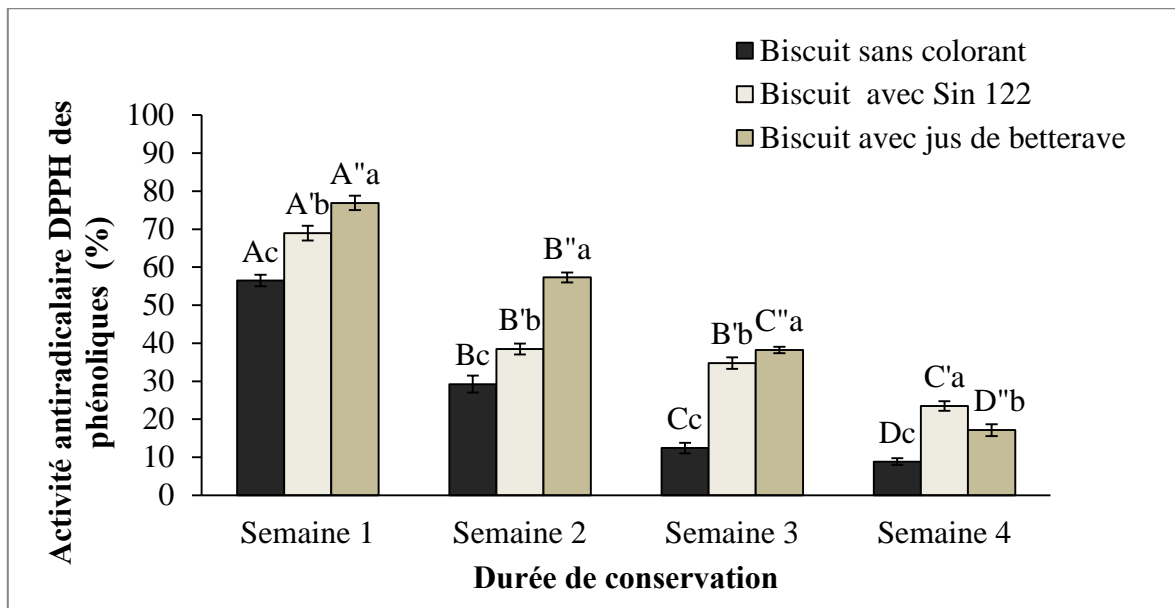


Figure 20. Activité antiradicalaire DPPH des extraits phénoliques des Madeleines cours de la conservation

Toutes les valeurs sont exprimées par la moyenne de trois essais ($n=3$).

Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives entre les différents types de biscuits préparés au cours de la même semaine de conservation ($p < 0,05$). Avec $a > b > c > d$.

Les lettres A, B, C et D indiquent des différences significatives pour le même type de biscuit au cours de la conservation ($p < 0,05$). Avec $A > B > C > D$.

Les résultats obtenus dans la figure 20 indiquent que l'activité antiradicalaire DPPH des extraits phénoliques diminue significativement ($p < 0,05$) au cours de stockage pour les trois biscuits préparés. Les pourcentages d'inhibition varient de 56,491 à 08,86% pour le biscuit sans colorant, de 68,993 à 23,492% pour le biscuit avec SIN 122 et de 76,90 à 17,136% pour le biscuit avec le jus de betterave. On constate aussi que, parmi les biscuits étudiés, l'extrait phénolique de biscuit avec le jus de betterave présente la meilleure activité antiradicalaire pendant 15 jours de stockage, suivi par l'extrait du biscuit au SIN 122 et l'extrait du biscuit sans colorant. Les résultats obtenus pour l'activité antiradicalaire DPPH sont supérieures de ceux obtenus par (Bindvi *et al.*, 2017) qui ont trouvé 27,5% sur les attributs sensoriels, nutritionnels et qualitatifs de la génoise additionnée de champignons (*agaricus bisporus*) en poudre.

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente avec l'augmentation de concentration des biscuits en composé phénolique.

3.4. Activité antiradicalaire DPPH d'extrait de bétalaines

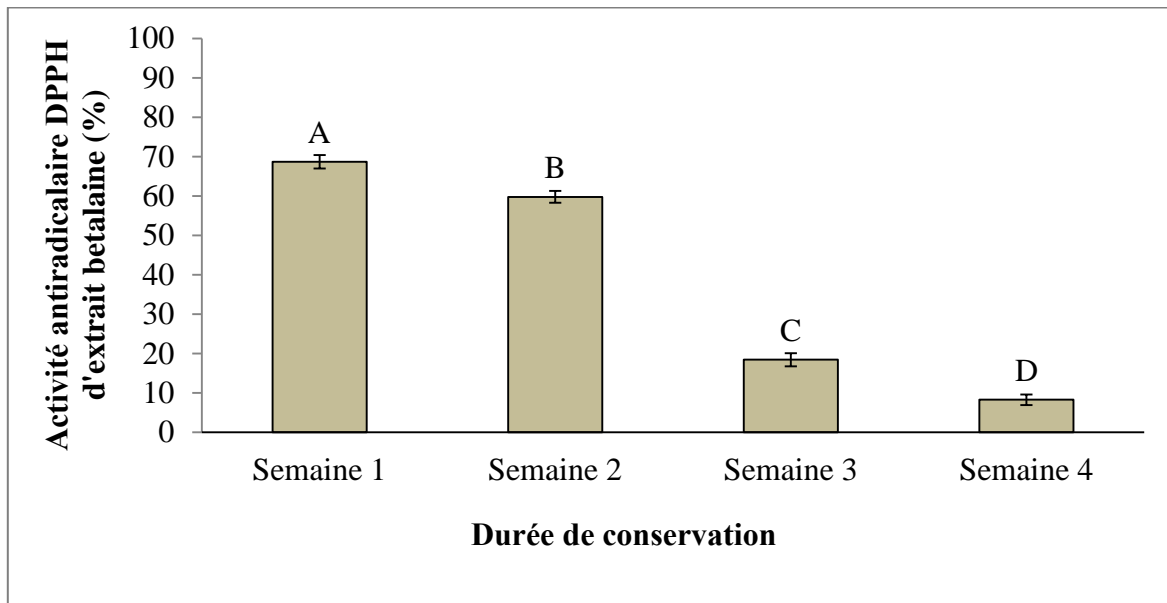


Figure 21. Activité antiradicalaire DPPH d'extrait de bétalaine des Madeleines enrichi avec le jus de betterave au cours de la conservation

Toutes les valeurs sont exprimées par la moyenne de trois essais ($n=3$).

Les lettres A, B, C et D indiquent des différences significatives pour le même type de biscuit au cours de la conservation ($p < 0,05$). Avec $A > B > C > D$.

Les résultats présentés dans la figure 21 indiquent que l'activité antiradicalaire DPPH d'extrait de bétalaines diminue significativement ($p < 0,05$) au cours de stockage, tandis que dans les 15 premiers jours de stockage. Les pourcentages d'inhibition oscillent entre 68,91% et 12,48%.

La diminution de l'activité antiradicalaire de l'extrait de bétalaines pourrait être expliquée par la diminution des teneurs en bétalaines de biscuit enrichi avec le jus de betterave au cours de la conservation.

4. Analyse sensorielle

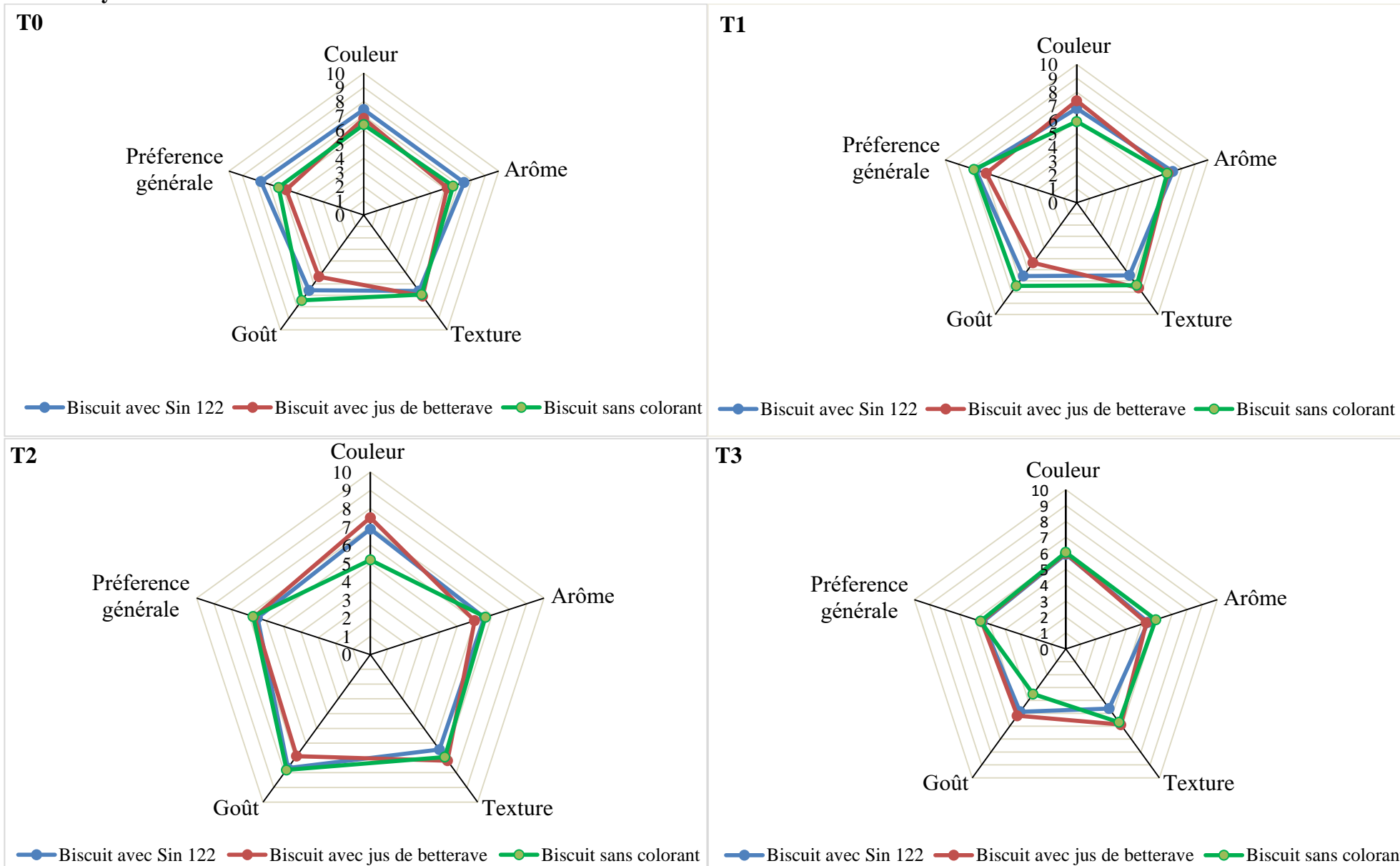


Figure 22. Profils sensoriels des Madeleines enrichies avec le jus de betterave au cours de la conservation

D'après l'analyse des profils sensoriels des biscuits préparés présentés dans la figure 22, on constate qu'à :

T₀ (Madeleines fraîches). Le biscuit avec SIN122 possède les notes les plus élevées pour la couleur et l'arôme. Les notes de biscuit sans colorant sont proches à ceux de biscuit avec SIN122 et enregistre la note la plus élevée pour le goût. Tandis que, le biscuit enrichi avec jus de betterave est le moins préféré. L'analyse sensorielle des madeleines fraîches montre que le biscuit avec SIN122 est mieux préféré que le biscuit avec jus de betterave et cela est dû à une mauvaise appréciation de goût de betterave chez les consommateurs.

T₁ (après une semaine de conservation). Le biscuit avec SIN122 enregistre la note la plus élevée pour l'arôme. Les notes de biscuit sans colorant sont proches à ceux de biscuit avec SIN122 et possède la note la plus élevée pour le goût. Tandis que, le biscuit enrichi avec jus de betterave enregistre la note la plus élevée pour la couleur et la texture. Cependant, le profil sensoriel à T₁ révèle que les biscuits avec SIN122 et biscuit sans colorant sont les plus préférés en général comparé au biscuit avec jus de betterave.

T₂ (après deux semaines de conservation). Le biscuit avec SIN122 et le biscuit sans colorant possède les notes les plus élevées pour l'arôme et le goût. Tandis que, le biscuit enrichi avec jus de betterave possède la note la plus élevée pour la couleur et la texture. Ainsi, le profil sensoriel après 15 jours de conservation révèle que la couleur du biscuit avec jus de betterave est la plus préférée par les consommateurs.

T₃ (après 21 jours de conservation). Le biscuit sans colorant et le biscuit avec jus de betterave présentent les notes les plus élevées pour l'arôme, la texture et la couleur. Tandis que, le biscuit avec SIN122 enregistre une note élevée pour le goût. Par ailleurs, le profil sensoriel après 21 jours de conservation révèle que le biscuit avec jus de betterave est le plus préféré par les consommateurs pour tous les descripteurs analysés (couleur, goût, arôme, et texture).

Conclusion

L'objectif de la présente étude est l'incorporation de deux colorants : naturel et synthétique (jus de betterave et SIN 122) dans une recette de biscuit de type madeleine, et le suivi des paramètres physicochimiques et sensoriels et une analyse phytochimique des biscuits préparés durant une période de 21 jours du stockage.

Les résultats des analyses physico-chimiques révèlent que les valeurs du taux d'humidité et de l'acidité sont variables pour les trois biscuits préparés et diminuent avec le temps du stockage. Tandis que les valeurs du pH et le degré de Brix augmentent pour les trois types de biscuits étudiés.

Quant à l'analyse phytochimique, les résultats obtenus indiquent une diminution significative ($p < 0,05$) des teneurs en polyphénols totaux durant la conservation pour les trois biscuits étudiés et varient entre 108,89 et 31,69 mg EAG/100g pour le biscuit sans colorant, entre 91,22 et 19,55 mg EAG/100g pour le biscuit avec colorant synthétique, et entre 94,9 et 44,44 mgEAG/100g pour le biscuit avec jus de betterave. L'activité antiradicalaire la plus élevée est enregistrée pour l'extrait phénolique du biscuit enrichi avec le jus de betterave au cours de stockage (76,90 % à 17,13%). Le pouvoir réducteur de fer diminue progressivement durant la conservation, l'extrait phénolique de biscuit au jus de betterave exerce le meilleur pouvoir réducteur (67,68 mgEAA/100g, 65,6 mgEAA/100g, 40,35mgEAA/100g) contrairement à celui de l'extrait phénolique du biscuit avec SIN 122 qui présente un faible pouvoir réducteur.

Concernant le dosage des bétalaines, la concentration des bétacyanines et des indicaxanthines diminue significativement ($p < 0,05$) au cours de la conservation (1750,53 mg/100g à 696,06 mg/100g, 823,53mg/100g à 375,10 mg/100g, respectivement). L'extrait de bétalaines présente une activité antiradicalaire importante pour les madeleines fraîches (68,72 %) puis diminue au cours de stockage, le pouvoir réducteur de fer des extraits de bétalaines diminue significativement au cours du stockage.

L'analyse sensorielle des biscuits montre que la qualité des biscuits avec jus de betterave est améliorée en fin de la conservation, où elles ont obtenues la meilleure note pour couleur, goût, arôme et texture.

Dans le but de compléter cette étude, Il serait vraiment intéressant :

- d'effectuer les analyses microbiologiques sur les biscuits préparées;
- d'optimiser les conditions de préparations des biscuits enrichis en jus de betterave;
- d'utiliser les bétalaines de la betterave, comme colorant, sous forme de poudre.

Références bibliographiques

- Adeinate L., 2018.** L'impact des colorants et des conservateurs de l'industrie alimentaire sur notre santé. Docteur en Pharmacie. Université de Poitiers, France, p 55,56.
- Ait Ameer L., 2006.** Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard: Intérêt de la fluorescence frontale. Thèse de doctorat en chimie analytique. Université de Paris, p 207.
- Alshehry A., 2019.** Utilization of beetroot as a natural antioxidant, pigment and antimicrobial in cupcake during the storage period. International journal of engineering research & technology ISSN 2278-0181.
- Amin A., Abdel hameid H., et Abd elstar H. 2010.** Effect of food azo dyes tartrazine and carmoisine on biochemical parameters related to renal; Hepatic Function and Oxidative Stress biomarkers in young male rats. Food and Chemical Toxicology; vol. 48; pp.2994–2999. Autorité européenne de sécurité des aliments EFSA [Available from: <https://www.efsa.europa.eu/fr>, consulté le 25 / 05 / 2022 à 14h 41.
- Ayaz A., Akhtiar A., Shagufta Naz., Riaz A., Mastoi A., Majid A., Nazia B., Nighat D., et Salman A. 2021.** Physico-chemical and organoleptic characteristics of biscuits enriched with date powder 18 (1-2) 31- 36.
- Azeredo H. 2009.** Betalains, properties, sources, applications, and stability a review. 2009. International journal of food science and technology 2009,44,2365,2376.
- Baião D., Silva D., Aguila E., et Paschoalin V. 2017.** Nutritional, bioactive and physicochemical characteristics of different beetroot formulations. Food additives. P 22, 23 27.
- Belhadj F. 2015.** Caractérisation et l'étude des colorants alimentaires, diplôme de master en chimie, analyse spectrale en chimie, Université Abd El-Hamide Ibn Badis Mostaganem ; P4, 5.
- Ben Hadj Koubaier H., Essaidi I., Bouacida S., Snoussi A., Khemiri S., et Bouzouita N. 2020** Propriétés antioxydantes et stabilité des bêtaïnes dans les jus de betterave et de figue de barbarie et dans la mousse laitière. Journal of new sciences, sustainable livestock management, 14 (3), 312-322.
- Benyagoub E., Boulenouar N., et Cheriti A. 2011.** Palmier dattier et ethn nutrition au sud ouest Algérien : analyse d'extrait de datte <Robb>, phytochem&biosub journal vol. 5, p 30-37.
- Berkem N., et Mansoul A. 2019.** Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques et extraction des sucres de quelques variétés des dattes Ziban. AFNOR, 1974, V-05-101.

- Beutler C. 2011.** Les colorants artificiels dans les denrées alimentaires destinés aux enfants p 6, 9, 11 et 12.
- Bindvi A., Shwet A., et Ved Prakash S. 2017.** Sensory, nutritional and quality attributes of sponge cake supplemented with mushroom (*agaricus bisporus*) powder. Nutrition & Food Science , Vol. 47 Issue: 4, doi: 10.1108.
- Blois M. 1958.** Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 26, 1199–1200.
- Boizot N., Charpentier J-P. 2006.** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. Le cahier des Techniques de l'Inra. P 80.
- Bougandoura N., et Bendimerad N. 2012.** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de Sature jacalaminthasp. *Nepeta* (L.) Briq. P 14 à 19.
- Boumaza D., Makhloufi L. 2018.** Essais d'incorporation de la farine de caroube (*Ceratonia siliqua*L) dans les coukies en substitution partielle de la farine de blé. AFNOR, 1970:V05-109.
- Ceclu L., Nistor O-V. 2020.** Red beetroot: Composition and health effects - a review. Journal of nutritional medicine and diet care. p 2.
- Charun E., et Morel M. 2001.** Quelles caractéristiques pour une farine biscuitière ? Influencz de la dureté des blés et de la composition biochimique des farines sur leur aptitude biscuitière. Communications scientifiques & technologiques, p 2-16.
- Clémens S., 2018.** Les additifs alimentaires: législation et problèmes lies à leur utilisation scientific committee on consumer Safety SCCS OPINION ON CI 45430 (Erythrosine).
- Commission CA (Codex Alimentarius) 1989.** Guidelines for the simple evaluation of dietary exposure to food additives. (CAC/GL 3–1989).
- Dias N., et Bandara G. 2019.** Nutritive assessment of composite flour biscuit incorporated with herbal plant poxder, journal of food and agriculture, 12(I) p 17-28.
- Doukani K., Tabak S., Derrriche A., Hacini Z. 2014.** Étude physico-chimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. Revue ecologie environnement 10:37-49.
- Erdal G., Esengün K., Erdal H., et Gündüz O. 2007.** Energy use and economical analysis of sugar beet production in tokat province of Turkey. P 36.
- Fabrice Z-A., Touré A., Patrice M-A., Amoulaye S-K., René S-Y., et Adama c. 2021.** Valorization in nectars of pulps from two mangoes varieties (Amelie and Kent) upgraded by exporting companies in Northern Côte d'Ivoire; 4 (2): 066-076 . AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical Chemists: 981.12 Arlington, USA. 15 (1990): 91. le 02 juin 2022 a 10 h 45 min.

- Feillet P. 2000.** Le grains de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.
- Gandhi K., Gautam P., Kumar K., Sharma R., et Mann B. 2021.** Physico-chemical characteristics of biscuits fortified with whey protein concentrate–iron sulphate (WPC–FeSO₄) complex. *Journal of food measurement and characterization*. P 2838.
- Gupta M., Bawa S et Semwal A. 2010.**Effect of barley flour incorporation on the instrumental texture of sponge cake. *International Journal of Food Properties*, v. 12, n. 1, p. 243-251.
- Haddar W. 2016.** Valorisation des déchets de végétaux dans la teinture des fibres textiles. Thèse de doctorat L'école nationale d'ingénieurs de monastir. Tunisie p 7 9 10 11.
- Houdjedj N., Née M. 2012.** Evaluation du risque toxicologique du colorant alimentaire tartrazine, à court terme chez la souris swiss. thèse de doctorat. Université d'Oran, Algérie p 41 42.
- Hyun-Jung C., Ahra C., et Seung-Taik L. 2014.** Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *Food Science and Technology*, 57: 260-266.
- Jahanbakhshi R et Ansari S.2020.**Physicochemical properties of sponge cake fortified by olive stone powder, *journal of food quality*.
- Jemni M., Chniti S., Maachia S., Rahal B., et Namsi.2017.**Coffee of roasted kernels of three date's varieties: Deglet Nour, Kentichi and Alligh. *European journal of chemistry, environment and engineering sciences*. P 2 . AFNOR, 1974,V 05-101.
- Kiger J-L., Kiger J-G., 1967.** Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod. Tome 1. Paris. 696 p.
- Kiin-Kabari D-B., et Giami S-Y.2015.** Physico chemical properties and in-vitro protein digestibility of nin-wheat cookies prepared from plantain flour and bambara groundnut protein concentrate, *journal of food research*; vol.4, No. 2 p78-86.
- Koksal E., Bursal E., Dikici E., Tozoglu F. et Gulcin I. 2011.** Antioxidant activity of *Melissa officinalis* leaves. *Journal of Medicinal Plant Research*, 5 (2): 217-222.
- Krystijan, Gumul, Ziobro et Korus. 2015.** The fortification of biscuits with bee pollen and its effect on physicochemical and antioxidant properties in biscuits. *LWT - Food science and technology*, volume 63, issue 1, P 640-646.
- Maache-Rezzoug Z., Bouvier J-M., Patras C.,Allaf K., 1998.** Stady of mixing in connection with the rheological properties of biscuit dough and dimensional characteristics of biscuits. *Journal of food engineering*, 35: 43-56.
- Maataoui B-S., Hmyene A., et Hilali S. 2006.**Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*). *Lebanese science journal*, 7(1): 3-8.

- Mahmoudi S., Khali M., et Mahmoudi N. 2012.** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara Scolymus L.*), « Nature & Technologie ». p 36.
- Manley D. 2000.** Setting the scene: History and position of biscuits. In: Technology of biscuits, crackers and cookies. 3ème édition. Woodhead publishing Limited, p 1- 8.5.
- Manohar S et Rao P-H. 2002.** Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; USE elastic recovery of dough to predict biscuit quality. Food research international, p 807-813.
- Menasra A. 2020.** Etude de la formulation et des traitements technologiques des biscuits enrichis. Thèse de doctorat Université de Batna1.
- Mohtadji-Lamballais C. 1989.** Les aliments. Editions Maloine. Paris, p 203.
- Molyneux P. 2004.** The use of the stable free radical diphenyl picrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin J. Sci. Technol., 26(2): 211-219.
- Moreira L., Dias L., Pereira J-A., et estevinho L. 2008.** Antioxydant properties, total phenols and pollen analysis of propolis samples from Portugal. Food and chemical toxicology. 46 :3485-3485.
- Moussaoui B., Rahali A., Bouamar S., et Riazi A. 2020.** Biological Properties of Betalains extracted from inermis nopals of Algerian *Opuntia ficus indica (L.)*. South Asian J Exp Biol; 10 (4) p 235.
- Neelwarne B. 2012.** Red Beet biotechnology. Food and pharmaceutical applications-springer US. p 2.
- Neha P., Jain S-K., Jain N-K., Jain H-K et Mittal H-K. 2018.** Chemical and functional properties of Beetroot (*Beta vulgaris L.*) for product development: A review. International Journal of Chemical Studies 2018; 6(3): 3190-3194.
- Nowacki L., Vigneron P., Rotellini L., Cazzola H., Merlier F., Prost E., Ralanairina R., Gadonna G P., Rossi C., et Vayssade M. 2015.** Betanin-enriched red beetroot (*Beta vulgaris L.*) extract induces apoptosis and autophagic cell death in MCF-7 cells. P 3, 4.
- Okpala L-C et Okoli EC. 2013.** Optimization of composite flours biscuits by mixture response surface methodology. Food science and technology international. P 28.
- Oyaizu M. 1986.** Studies on products of browning reaction _ Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. 44 No. 6307 . 315.
- Ozcan M-D., et Arslam D-A. 2006.** Phenolic profiles and antioxidant capacities of chineseunifloral honeys from different botanical and geographical sources. Food Chem ; 99 :24-27.

- Parveen H., Bajpai A., Bhatia S., et Singh S. 2017.** Analysis of biscuits enriched with fibre by incorporating Carrot and Beetroot pomace powder .The indian journal of nutrition and dietetics, vol.54 (4),p 405-408.
- Pasukamonset P., Pumalee T et Sanguansuke N. 2018.** Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of sponge cakes fortified with *Clitoria ternatea* extract. Journal of food science and technology. 2881.2889.
- Pawłowska K., Kuligowski M., Kuligowska J., Kidoń M., Siger A., Rudzińska M et Nowak J. 2018.** Effect of replacing cocoa powder by carob powder in the muffins on sensory and physicochemical properties. Plant foods for human nutrition 73:196–202.
- Pedersen L., Kaack K., Bergsoem N., et Adler -Nissen J. 2004.** Rheological properties of biscuit dough from different cultivars, and relationship to baking characteristic. Journal of Cereal Science, 39: 37-46.
- Ravichandran K., Saw NMMT., Mohdaly A-A., Gabr A-A., Kastell A., Riedel H., Cai Z., Knorr D., et Smetanska I. 2011.** Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. Food Research International 50 (2013) 670–675.
- Richard T., Vergé S., Vercauteren J., et Monti J-P. 2001.** Étude de l'interaction taninprotéine par RMN et modélisation moléculaire. Deuxième journée scientifique de l'UFR des sciences pharmaceutiques. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 140 : 127-166.
- Rivas-Arreola M-J., Rocha-Guzman N-E., Gallegos-Infante J-A., Gonzalez-Laredo R-F., Rosals-Castro M., Bacon J-R, Rong Cao., Proulx A., et Intriago-Ortega P. 2010.** Antioxidant activity of Oak (*Quercus*) leaves infusions against free radicals and their cardioprotective potential. Pakistan journal of biological sciences, 13: 537-545.
- Sadler G-D., et Murphy A-P-H. 2010.** pH and titratable acidity. In: Nielsen, S.S., Ed., food analysis, springer, Boston, MA, 219-238.
- Sadowska Bartzosz I., et Bartzosz G.,2021.** Biological properties and applications of betalain. molecules 2021,26,2520.
- Serrem C-A. 2010.** Development of soy fortified sorghum and bread wheat biscuits as a supplementary food to combat protein energy malnutrition in young children. Thèse de doctorat en sciences des aliments. Université de Pretoria, Afrique de Sud, p 193.
- Shivangi S., Shanta P., Parimita P., Trupti P., et Sarfraz A. 2019.** Studies on cup-cakes incorporated with beetroot and wheatgrass powder. International Journal of Food Science and Nutrition ISSN: 2455-4898; Impact Factor: RJIF 5.14 Volume 4; Issue 4; Page No. 206-208.

- Singh B., et Singh Hathan B. 2014.** Chemical composition, functional properties and processing of Beetroot —a review. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 1, ISSN 2229-5518 p 679-684.
- Singleton V-L., J.R.Rossi 1965,** "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphothungstic acid" *Am. J. Enol. Vitic*, 1965, Vol. (16), page : 144.
- Smati I., Bettaieb Rebey I., Hammami M., Hamdaouii G., et Saidai Tounsi M. 2017.** Variation de la qualité du jus de citron (*Citrus limon L.*) au cours de la maturation fruit. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 43(1), 2334-2343.
- Solymosi k., Latruffe N., Morant manceau A., et Schoefs B. 2015.** food colour additives of natural origin.
- Srivastava S., Thakre G., et Goswami N. 2018.** Velvety root cupcake, *Journal of Medicinal Plants Studies*; 6(5): 21-23.
- Sudha M-L., Vetrmani R., et Leelavathi K. 2007.**Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry*, 100: 1365-1370.
- TanabtabzadehM-S., Javanbakht V., et Golshirazi A-H. 2017.** Extraction of Betacyanin and Betaxanthin pigments from Red Beetroots by Chitosan extracted from shrimp wastes.
- Türkmen I., et Eksi A.2011.**Brix degree and sorbitol / xylitol level of authentic.
- Tyl C., et Sadler G-D. 2017.** PH and titratable acidity food analysis p 389–406.
- Vargas-Rubóczki T. 2020.** Evaluation of important quality parameters of different beetroot genotypes and their possible role in processing. These de doctorat, université de Debrecen Hongrie. P: 1, 11, 15.
- Vujic, L., Cepo D-V., Sebecic B., et Dragojevic V. 2014.** Effects of pseudocereals, legumes and inulin addition on selected nutritional properties and glycemic index of whole grain wheat-based biscuits. *Journal of Food Nutrition Recherche*.
- Ydjedd S., Chaalal M., Bahri A., Mokadem et Radji H. 2021.** *Journal of agroalimentary processes and technologies* 27 (2) p 141.
- Zhou W. 2014.** *Bakery products science and technology*. 2ème edition Wiley Blackwell p776.

Zucco F., Borsuk Y., et Arntfield S-D. 2011. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *Food science and technology*, 44: 2070-2076.

Annexe

Annexe

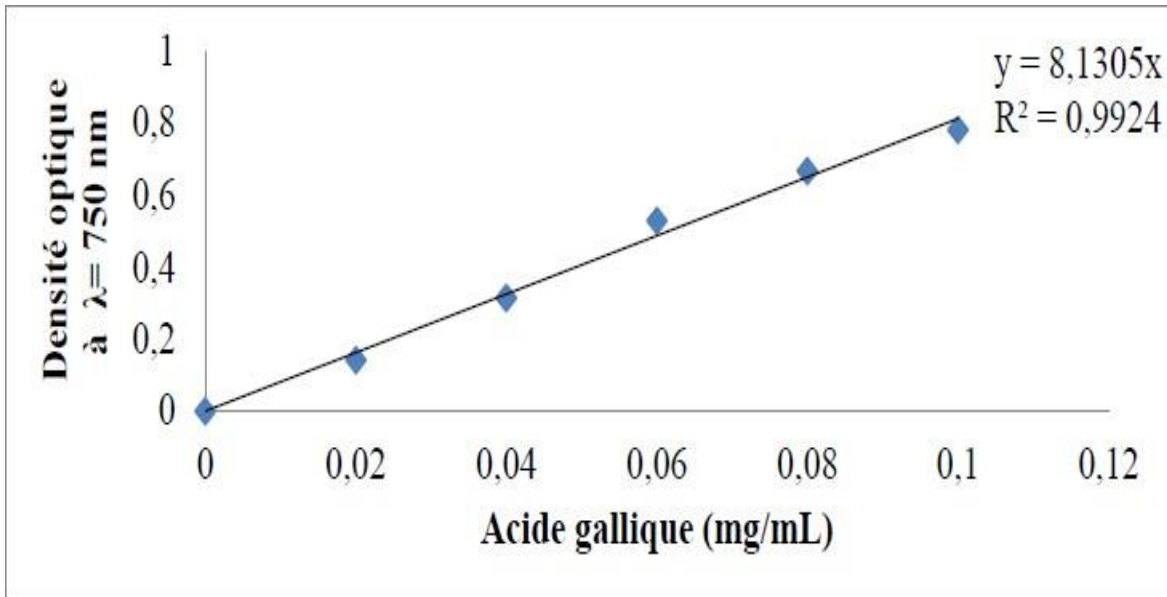


Figure 1. Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux

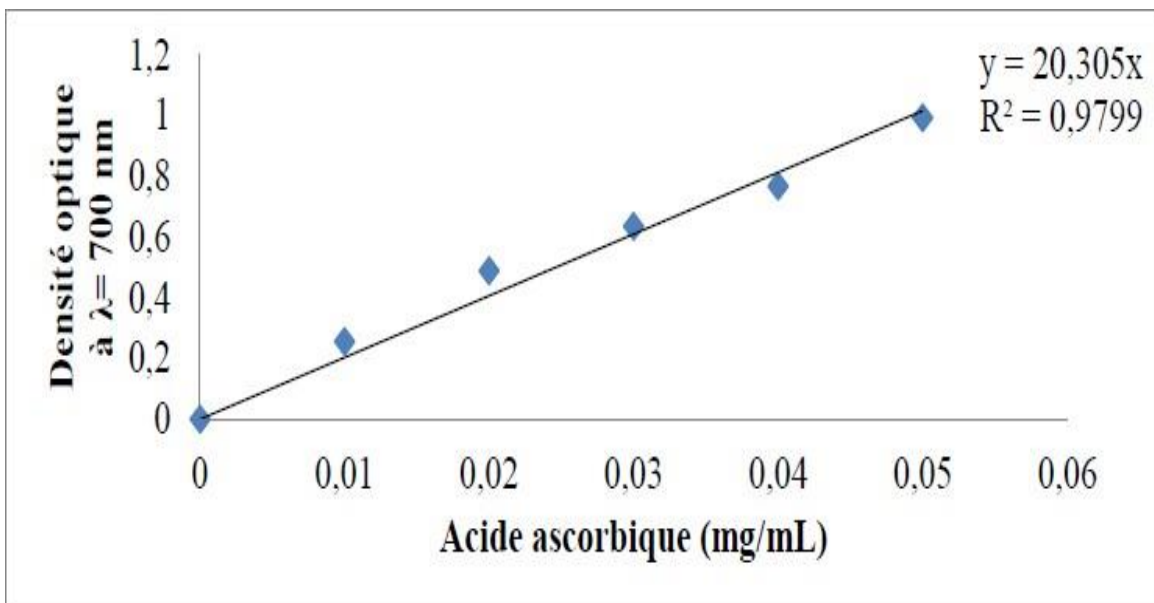


Figure 2. Courbe d'étalonnage de pouvoir réducteur de fer

Analyse sensorielle

Attribuer une note de :

1-3 = faiblement aimé 3-5 = moyenne 5-7 = aimé 7-10 = fortement aimé

Couleur :

Madeleine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
220										
223										
226										

Odeur :

Madeleine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
220										
223										
226										

Texture :

Madeleine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
220										
223										
226										

Goût :

Madeleine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
220										
223										
226										

Préférence générale :

Madeleine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
220										
223										
226										

Figure 3. Questionnaire d'analyse sensorielle

Résumé

Cette étude vise à comparer deux types de biscuits, l'un avec un colorant naturel (jus de betterave) et l'autre avec un colorant synthétique (Sin 122). Puis réaliser un ensemble d'analyses physicochimiques (humidité, pH, acidité et Brix), phytochimiques (teneurs en composés phénoliques, teneurs en bétalaïne et détermination de l'activité antioxydante) et analyses sensorielles sur les biscuits.

Pour les biscuits de colorant naturelle, les résultats ont été les suivants : pH (6,78 à 8,05), acidité (2,12 à 1,63 g/l), humidité (4,33 à 1%), teneur en composés Phénoliques (94,9 à 44,44 mg EAG/100 g), activité antiradicalaire DPPH des extraits phénoliques (76,90 % à 17,13 %), pouvoir réducteur de fer des extraits phénoliques (67,68 mgEAA/100g à 19,93 mgEAA/100g), teneurs en bétalaines (1750,53 à 696,06 mg/100g pour les bétacyanines, 823,53 à 375,10 mg/100g pour les indicaxanthines), activité antiradicalaire des extraits de bétalaines (68,72 % à 8,29 %), pouvoir réducteur de fer des extraits de bétalaines (70,92 mgEAA/100g à 31,4 mgEAA/100g)

Pour le biscuit avec SIN122, les différentes analyses ont donné: un pH de (8,01 à 8,54); une acidité (1,25 à 0,67), humidité (3,95 % à 0,81%); (91,22 mg EAG/100g à 19,55 mg EAG/100g) de polyphénols totaux. activité antiradicalaire DPPH des extraits phénoliques (68,99 % à 23,49 %), pouvoir réducteur de fer des extraits phénoliques (49,18 mgEAA/100g à 22,03 mgEAA/100g).

L'analyse sensorielle a montré que la qualité des biscuits avec jus de betterave est amélioré durant les deux dernières semaines dans lesquelles il apparaît la meilleure couleur, goût, arôme et texture.

Mots clés : Biscuit, bétalaines, polyphénols totaux, paramètres physicochimiques, potentiel antioxydant, profil sensoriel

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة نوعين من الملونات الغذائية في البسكويت أحدهما ملون طبيعي (عصير الشمندر) والآخر ملون اصطناعي و إجراء مجموعة من التحليلات الفيزيوكيميائية (الرطوبة، الأس الهيدروجيني، الحموضة و درجة السكر) و الكيمائية النباتية (نسبة المركبات الفينولية، نسبة البيتاالابين و النشاط المضاد للاكسدة) و التحاليل الحسية للبسكويت.

بالنسبة لبسكويت الملون الطبيعي، كانت النتائج على النحو التالي: درجة الاس الهيدروجيني (6.78 إلى 8.05)، الحموضة (2.12 إلى 1.63 جم/لتر)، الرطوبة (4.33٪ إلى 1٪)، محتوى مركبات الفينولات (94.9 إلى 44.44 ملجم/100 ملجم)، نشاط المضاد للاكسدة لمستخلصات الفينول (76.90 ٪ إلى 17.13 ٪)، قوة اختزال الحديد لمستخلصات الفينول (67.68 ملجم/100 ملجم إلى 19.93 ملجم/100 ملجم). محتوى البيتاالابين (1750.53 إلى 696.06 ملجم/100 ملجم للافيف الحمراء، 823.53 إلى 375.10 ملجم/100 ملجم لللافيف الصفراء)، نشاط المضاد للاكسدة لمستخلصات البيتاالابين (68.72 ٪ إلى 8.29 ٪)، قوة اختزال الحديد لمستخلصات البيتاالابين (70.92 ملجم/100 ملجم إلى 31.4 ملجم/100 ملجم)

بالنسبة للبسكويت مع الملون 122، أعطت التحليلات المختلفة درجة الاس الهيدروجيني (8.01 إلى 8.54) الحموضة (1.25 إلى 0.67 جم/لتر)، رطوبة (3.95 ٪ إلى 0.81 ٪): (91.22 ملجم/100 ملجم إلى 19.55 ملجم/100 ملجم) من إجمالي البوليفينول نشاط المضاد للاكسدة لمستخلصات الفينول (68.99 ٪ إلى 23.49 ٪). قوة اختزال الحديد للمستخلصات الفينولية (49.18 ملجم / 100 ملجم إلى 22.03 ملجم/100 ملجم)

أظهر تحليل الحسي أن جودة البسكويت مع عصير الشمندر تحسنت خلال المرحلتين الأخيرتين حيث يظهر أفضل لون وطعم ورائحة وملس

الكلمات المفتاحية: البسكويت، البيتاالابين، التحليلات الفيزيوكيميائية، مضادات الأكسدة، التحاليل الحسية

Abstract

This study aims to compare two types of food coloring in cookies, one is a natural coloring (beet juice) and the other is a synthetic coloring (Sin 122). And carry out a set of physicochemical analyzes (humidity, pH, acidity and Brix), phytochemicals (levels of phenolic compounds, levels of betalaine and determination of antioxidant activity) and sensory analyzes on cookies.

For cookies with natural colorant, the results were as follows: pH (6.78 to 8.05), acidity (2.12 to 1.63 g/l), humidity (4.33 to 19%), content of compounds Phenolics (94.9 to 44.44 mg EAG/100 g), DPPH antiradical activity of phenolic extracts (76.90% to 17.13%), iron-reducing power of phenolic extracts (67.68 mgEAA/100g to 19.93 mgEAA/100g). betalaine content (1750.53 to 696.06 mg/100g for betacyanins, 823.53 to 375.10 mg/100g for indicaxanthines), antitadicalare activity of betalaine extracts (68.72% to 8.29%) , iron-reducing power of betalain extracts (70.92 mgEAA/100g to 31.4 mgEAA/100g) For the cookies with SIN122, the various analyzes gave a pH of (8.01 to 8.54) an aradite (1.25 0.67), humidity (3.95% 0.81%): (91.22 mg EAG/100ga 19.55 mg EAG 100g) of total polyphenols arditadicalane activity DPPH of the phenolic extracts (68.99% at 23.49 6). iron-reducing power of phenolic extracts (49.18 mgEAA/100g to 22.03 mgEAA/100g) Sentanel analysis showed that the quality of biscuits with beetroot juice improved during the last two stages in which it appears the best color, taste, aroma and textize.

Keywords: cookies; betalains, physicochemical parameters, antioxidant potential, sensory analysis